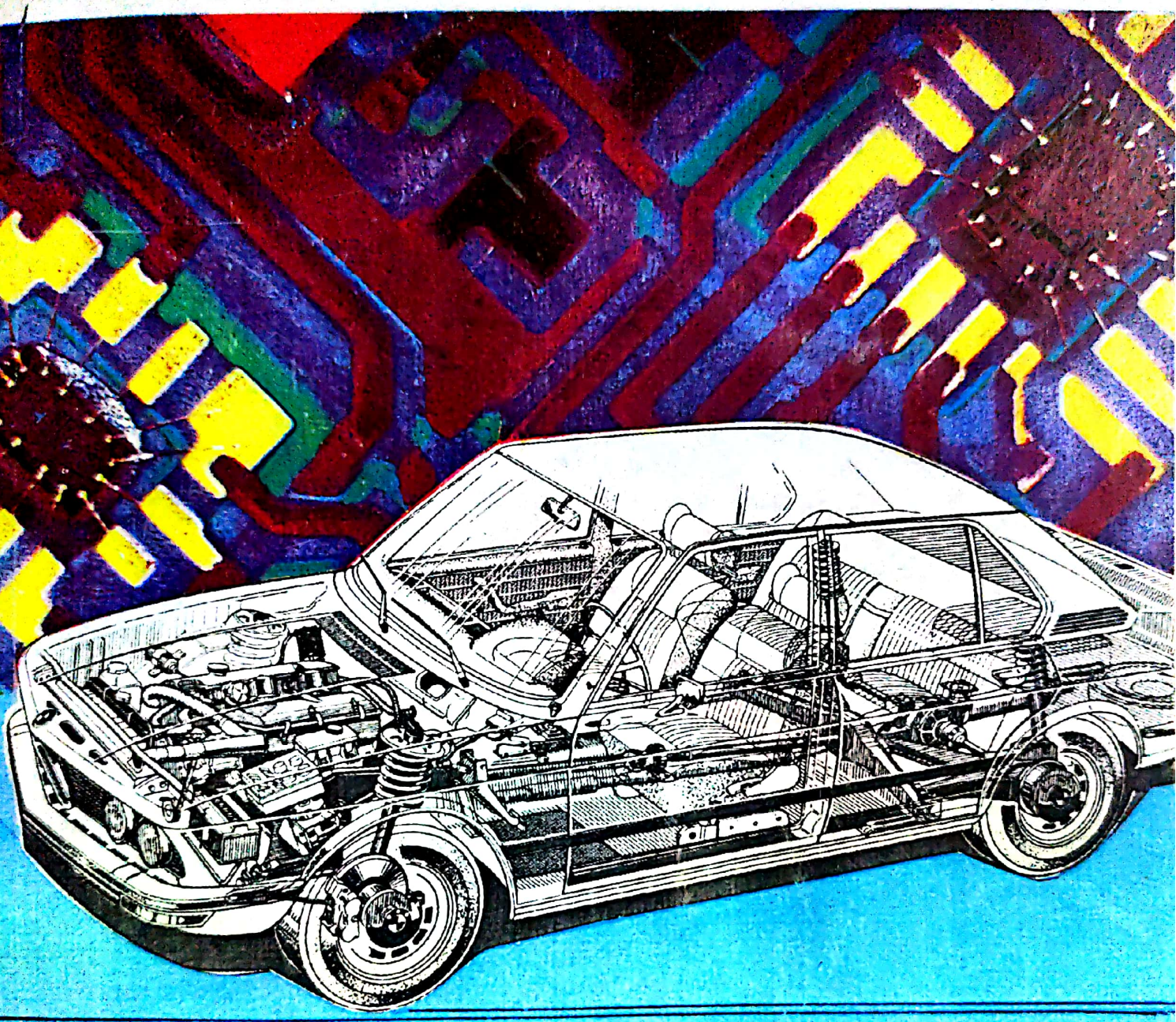
Laurenţiu DIMITRIU Florin PANTILIMONESCU
Tudor NICULESCU



SISTEME ELECTRONICE DE CONTROL PENTRU AUTOMOBILE

INJECŢIA DE BENZINĂ ŞI APRINDEREA

Dr. ing. LAURENŢIU DIMITRIU
Dr. ing. FLORIN PANTILIMONESCU
Dr. ing. TUDOR NICULESCU

Scanned with OKEN Scanner

SISTEME ELECTRONICE DE CONTROL PENTRU AUTOMOBILE

INJECŢIA DE BENZINĂ ŞI APRINDEREA

EDITURA MILITARĂ, BUCUREŞTI, 1995

Redactor: lt. col. dr. ing. ALEXANDRU MIHALCEA
Coperta: VICTOR ILIE
Tehnoredactor: D. ANDREI

Bun de tipar 01.06.1995. Apărut 1995
Coli de tipar: 14,75. B 10395

Tiparul executat la Tipografia ROMFEL S.R.L.
Str. Lizeanu nr. 35A
Bucureşti

ISBN 973 - 32 - 0439 - 0

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Prefață 9

1. MOTOARE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE. CONSTRUCȚIE, CARACTERISTICI, PROCESE 11

1.1. Noțiuni specifice 11
1.2. Funcționarea motorului în patru timpi 13
1.3. Câteva aspecte ale umplerii 15
1.4. Condițiile impuse sistemului de formare a amestecului 18
1.5. Procese de ardere și de aprindere 18
1.6. Arderea normală în motorul cu aprindere prin scânteie 20
1.7. Dozarea combustibilului 23
1.8. Poluarea mediului 26

2. STRUCTURI DE CONTROL AL MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE 29

2.1. Structuri clasice de control 29
2.2. Structuri de control în buclă închisă 33
2.3. Structuri evoluate de control 36

3. UTILIZAREA INJECȚIEI DE BENZINĂ ÎN MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE 42

3.1. Injecția de benzină în motoare cu aprindere prin scânteie 42
3.2. Instalații de alimentare prin injecție de benzină cu regulatoare mecanice 44
3.3. Utilizarea injecției electronice în motoarele cu aprindere prin scânteie 45
3.4. Structura instalațiilor de alimentare prin injecție de benzină cu comandă electronică 47
3.5. Comparație între metodele de formare a amestecului 50

Scanned with OKEN Scanner

4. CONTROLUL ELECTRONIC AL INJECŢIEI DE BENZINĂ ŞI AL APRINDERII 54

4.1. Generalităţi 54
4.1.1. Funcţiile de bază 56
4.1.2. Structura subsistemului de alimentare 57
4.1.3. Dozarea benzinei 59
4.1.4. Adaptarea la condiţiile de funcţionare 61
4.2. Considerente privind controlul electronic al aprinderii 65
4.2.1. Controlul electronic al aprinderii 67
4.2.2. Controlul Dwell în buclă închisă 68
4.2.3. Circuitul de înaltă tensiune 69
4.2.4. Adaptarea controlului aprinderii la diferite regimuri de funcţionare 70
4.2.5. Controlul detonaţiei 73
4.3. Tehnici de evacuare a gazelor 74
4.3.1. Controlul Lambda în buclă închisă 76
4.3.2. Circuitul de control Lambda în buclă închisă 77
4.3.3. Modul de control în diferite regimuri de funcţionare . . . 78
4.4. Sisteme electronice de control al injecţiei şi al aprinderii disponibile comercial 78
4.4.1. Sistemul Bosch Motronic 79
4.4.2. Sistemul L - Jetronic 81
4.4.3. Sistemul Mono-Jetronic 84
4.4.4. Sistemul KE - Jetronic 85
4.4.5. Sistemul de injecţie Multec 85
4.4.6. Sistemul de injecţie Pijet 86
4.4.7. Sistemul de injecţie Weber PT 86
4.4.8. Sistemul de injecţie Lucas 86

5. ECHIPAMENTE DE STAND ŞI DE TESTARE 88

5.1. Generalităţi 88
5.2. Blocul electronic de control al injectoarelor electromagnetice . . . 89
5.2.1. Aspecte generale 89
5.2.2. Schema blocului electronic de control al injectoarelor electromagnetice 89
5.3. Stand pentru încercarea injectoarelor electromagnetice 90
5.3.1. Schema-bloc a standului 90
5.3.2. Circuitul electronic de control al standului pentru verificarea injectoarelor electromagnetice 92
5.3.3. Rezultate experimentale 93
5.4. Stand de încercări pentru motoare cu injecţie controlat cu logică cablată 97
5.4.1. Aspecte generale ale realizării standului de încercări pentru motoare cu injecţie 97

Scanned with OKEN Scanner

5.4.2. Schema-bloc a standului de încercare a motoarelor cu injecţie 97
5.4.3. Baza de timp a circuitului de control 99
5.4.4. Circuitele de generare a semnalelor de prescriere 100
5.4.5. Circuitul de control al injecţiei 101
5.4.6. Circuitul de control al avansului la aprindere 106
5.4.7. Circuitul de control al sarcinii 112
5.5. Traductorul complex de faze de lucru, de punct mort interior, de turaţie şi de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere 117
5.5.1. Modul de codificare a informaţiei în traductorul complex 118
5.5.2. Construcţia mecanică a traductorului complex. 120
5.6. Circuitul de măsurare a temperaturilor 122
5.7. Circuitul de măsurare a parametrului lambda 123
5.8. Stand de încercări pentru motoare cu injecţie controlat cu microcalculator 125
5.8.1. Schema bloc a standului controlat cu microcalculator . . 126
5.8.2. Traductoarele de impuls din sistem. 128
5.8.3. Decodorul fazelor de lucru ale motorului 129
5.8.4. Circuitul de control al injecţiei 131
5.8.5. Circuitul de control al aprinderii 135
5.8.6. Circuitul de control al dispozitivului de aer suplimentar. 137
5.8.7. Modul de utilizare a sistemului de control cu microcalculator 138

6. ECHIPAMENTE ELECTRONICE DE PE AUTOMOBIL 139

6.1. Traductorul de sarcină 139
6.1.1. Modul de codificare a informaţiei în traductorul de sarcină 139
6.1.2. Circuitul electronic al traductorului de sarcină 141
6.1.3. Construcţia mecanică a traductorului de sarcină. 142
6.2. Sistem cu microprocesor pentru controlul injecţiei de benzină şi al aprinderii 143
6.2.1. Aspecte generale ale folosirii sistemelor cu microprocesor în controlul injecţiei de benzină şi al aprinderii . . 143
6.2.2. Schema-bloc a sistemului electronic de control 144
6.2.3. Blocul microprocesor 148
6.2.4. Decodificatorul de adrese 150
6.2.5. Memoria ROM a sistemului 151
6.2.6. Circuitul timerelor 153
6.2.7. Circuitul de intrare 155
6.2.8. Circuitul de comandă a injecţiei 156
6.2.9. Circuitul pentru comanda aprinderii 159
6.2.10. Sursa de alimentare 160

Scanned with OKEN Scanner

6.2.11. Diagrama de semnale a sistemului 161
6.3. Sistem electronic pentru controlul secvenţial al injecţei şi al aprinderii 162
6.3.1. Schema-bloc a sistemului de control secvenţial 163
6.3.2. Schema electrică detaliată a sistemului de control 169
6.3.3. Blocul microprocesor 169
6.3.4. Circuitul de generare tact, timere, convertor analog-digital 172
6.3.5. Circuitul de iniţializare 173
6.3.6. Decodificatorul de adrese 173
6.3.7. Memoria sistemului 174
6.3.8. Circuitul timerelor 175
6.3.9. Circuit de distribuire a semnalelor de control al injectoarelor 177
6.3.10. Decodorul fazelor de lucru ale motorului 179
6.3.11. Circuitul de control al aprinderii 180
6.3.12. Blocul de intrare 181
6.3.13. Convertorul analog-digital 182
6.3.14. Circuitul de control al dispozitivului de aer suplimentar. 183
6.3.15. Circuite de semnalizare. 184

7. ASPECTE SOFTWARE ALE CONTROLULUI 186

7.1. Programul de deservire a standului experimental controlat de microcalculator 186
7.2. Programul de funcţionare a sistemului electronic de control al injecţiei de benzină şi al aprinderii 194
7.2.1. Structura generală software 194
7.2.2. Descrierea programului de funcţionare 196
7.3. Programul de funcţionare a sistemului electronic de control secvenţial al injecţiei de benzină şi al aprinderii 196

8. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE 201

ANEXE 205

ANEXA 1. Programul de funcţionare a calculatorului ce deserveşte standul experimental pentru motoare cu injecţie electronică 205

ANEXA 2. Program de funcţionare a sistemului de injecţie electronică (varianta pentru motor ARO) 214

Bibliografie 233

Scanned with OKEN Scanner

PREFAŢĂ

O dată cu creşterea explozivă a numărului de automobile care funcţionează în lume, consecinţelor favorabile, pe care oamenii le percepeau cu satisfacţie, li s-au suprapus câteva grave fenomene negative, dintre care poluarea chimică a mediului se detaşează net.

Desigur că, pe măsura intensificării fenomenului amintit, s-au propus şi adoptat o serie de soluţii tehnice antipoluante, care au condus la diminuarea impactului negativ al motorului asupra mediului. Aceste măsuri vizează, în primul rând, controlul direct al arderii combustibilului în motor, urmărindu-se ca, din acest proces, să rezulte numai produse de ardere completă. După pretenţii, controlul arderii este completat cu un tratament suplimentar al gazelor, pe traseul de evacuare, înainte de eliberarea lor în atmosferă.

Tratarea gazelor rezultate din ardere pe traseul de evacuare este însă un procedeu costisitor, preţul reactorilor plasaţi în curent, indiferent de tipul lor, este mai mare, atât ca preţ iniţial, deoarece conţin substanţe scumpe, cât şi ca preţ de exploatare, întrucât au eficienţă limitată.

Deci, soluţia obţinerii unui motor "curat" şi totodată satisfăcător prin preţul de fabricaţie este aceea de a controla arderea, controlând procesul de formare a amestecului dintre aer şi combustibil, precum şi aprinderea acestui amestec. Evident, în acest fel se acţionează şi în sensul rezolvării unei alte probleme importante pentru lumea contemporană: reducerea consumului de combustibil al motoarelor.

Privind faptele schematic, totul se reduce la rezolvarea simultană a două probleme:

- prima se formează menţionându-se condiţiile privind calitatea şi cantitatea amestecului, adică doza ciclică necesară de combustibil ce trebuie asociată cu o asemenea cantitate de aer, încât să se asigure un dozaj al amestecului întotdeauna identic cu cel necesar motorului;

- cea de a doua impune coincidenţa dintre momentul real al producerii scânteii electrice de aprindere şi valoarea necesară acestui parametru.

Analizate din punctul de vedere prezentat mai sus, echipamentele clasice ale motorului, având funcţiile de formare a amestecului şi de aprindere a acestuia, s-au dovedit corespunzătoare numai parţial, deficienţa fiind dată de structura schemelor de control al acestor două funcţii, în speţă

Scanned with OKEN Scanner

automatismul carburatorului şi regulatorul mecanic inclus în structura echipamentului de aprindere. Numai controlul electronic al acestor echipamente putea răspunde tuturor exigenţelor.

*
* *

Lucrarea de faţă îşi propune şi reuşeşte să umple un gol de informaţie privind tendinţele referitoare la dezvoltarea noilor echipamente de formare a amestecului şi de aprindere a acestuia, la motoarele de automobil, a căror denumire curentă – care, de regulă, cuprinde ambele aspecte, adică atât formarea amestecului cât şi aprinderea – este echipamente pentru "injecţie de benzină".

De fapt, se poate spune că lucrarea are două părţi distincte: prezentarea sistematizată a unor informaţii de circulaţie, în primul rând, şi, în al doilea, prezentarea a numeroase idei şi rezultate concrete originale provenite din cercetări proprii ale autorilor.

Deoarece intenţia autorilor a fost de a dezvolta echipamentul electronic de control al formării amestecului prin injecţie de benzină la motorul cu aprindere prin scânteie, precum şi echipamentul de control al aprinderii, la început se prezintă schematic unele echipamente existente, considerate reprezentative în domeniu.

Desigur, se ştie ce fac echipamentele de control al dozajului amestecului şi al aprinderii, însă este ascunsă modalitatea în care îşi îndeplinesc aceste funcţii; nimeni nu prezintă detalii de structură, sau chiar de concepţie mai generală a echipamentului pe care-l promovează.

Lucrarea are meritul de a înlătura ermetismul existent în domeniu, este drept, prin prezentarea ideilor originale şi a verificării lor practice.

Dar aceste idei sunt valoroase fiindcă pun într-o viziune nouă concepţia controlului amintit, prin introducerea noţiunii de "regulă de funcţionare", ca element inteligent al blocului de control. Prin aceasta, precum şi prin alte aspecte, lucrarea se transformă într-un îndemn pentru cercetare.

Sunt convins că această lucrare, prima cu această structură apărută în literatura tehnică românească, se va bucura de succes şi va fi de un real folos, în special celor care vor dori să aprofundeze şi să dezvolte echipamentele electronice de control al funcţiunilor motorului de automobil.

Prof. dr. ing. MIRCEA ZUGRĂVEL

Scanned with OKEN Scanner

1

MOTOARE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE. CONSTRUCŢIE, CARACTERISTICI, PROCESE

1.1. NOŢIUNI SPECIFICE

Motorul cu aprindere prin scânteie cu piston este un motor termic în care energia chimică a combustibilului se transformă parţial, prin ardere în interiorul cilindrilor, în lucru mecanic cedat pistoanelor în mişcare alternativă. Mişcarea alternativă a pistoanelor este transformată în mişcare de rotaţie a arborelui cotit prin intermediul mecanismului bielă-manivelă.

Procesele din motor se repetă în mod ciclic. Succesiunea proceselor care se repetă periodic în fiecare cilindru formează *ciclul motor*. La motoarele în patru timpi un ciclu motor se efectuează în patru curse ale pistonului, respectiv în două rotaţii ale arborelui cotit.

Asigurarea funcţionării continue a motorului, în sensul reluării proceselor ciclice, impune *schimbarea gazelor* din cilindrii săi. Astfel, după ce gazele au cedat prin destindere, în urma proceselor de ardere, lucru mecanic pistonului, se efectuează *golirea gazelor* arse din cilindru. Golirea se execută în procesul de *evacuare*. Reluarea funcţionării motorului impune *umplerea* cu *încărcătură proaspătă*, necesară ciclului următor, umplerea fiind realizată în procesul de *admisie*.

Pentru a se obţine lucru mecanic, amestecul carburant trebuie să ardă, iniţierea procesului de ardere fiind obţinută prin aprindere. Amestecul carburant poate fi aprins în diferite procedee, ceea ce conduce la o diferenţiere pregnantă a tipurilor de motoare. Astfel,la *motorul cu aprindere prin scânteie*, aprinderea se realizează prin producerea unei scântei, la momentul oportun, în amestecul carburant. Motorul cu aprindere prin scânteie se mai poate numi cu aprindere forţată sau comandată. Formarea amestecului carburant la motorul cu aprindere prin scânteie se poate realiza atât în exteriorul cilindrului (carburator, injecţie indirectă), cât şi în interiorul acestuia (injecţie directă).

Procesele de aprindere şi de ardere sunt puternic dependente de cantităţile de aer şi de combustibil ce participă la formarea amastecului carburant. Proprietăţile lor în amestec sunt descrise pe baza unui criteriu numit dozaj. Dozajul poate fi apreciat în diferite moduri. Astfel, raportul dintre cantitatea de combustibil şi cea de aer se numeşte *coeficient de dozaj*:

$$d = G_{comb}/G_{aer}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Funcţie de proporţia celor două componente în amestec pot fi deosebite trei situaţii distincte. Atunci când cantităţii de combustibil, G_{comb}, îi corespunde cantitatea strict necesară de aer pentru arderea completă teoretică, dozajul se numeşte *teoretic* sau *stoichiometric*. În cazul în care cantitatea de combustibil este în excces faţă de cazul precedent, dozajul se numeşte *bogat*, iar dacă cantitatea de combustibil este mai mică, dozajul se numeşte *sărac*. Arderea teroretică a 1 kg de combustibil necesită 15 kg de aer, rezultând valoarea coeficientului de dozaj stoichiometric:

$$d_t = 1/15 = 0.0666.$$

Pentru facilitarea scrierii se preferă utilizarea inversului coeficientului de dozaj:

$$d' = 1/d = G_{aer}/G_{comb}.$$

În acest mod dozajul teoretic este precizat de valoarea:

$$d'_t = 15/1 = 15.$$

Modul de prezentare a dozajului prin intermediul acestor doi coeficienţi are dezavantajul că nu precizează în mod direct calitatea amestecului: bogat sau sărac şi mai ales cât de bogat sau cât de sărac raportat la cel teoretic. Pentru aceasta s-a introdus *coeficientul de îmbogăţire*, care raportează valorile coeficientului de dozaj al amestecului la valoarea coeficientului de dozaj teoretic d_t:

$$\delta = (d/d_t) \cdot 100 \ [\%].$$

Pentru a permite unificarea modului de exprimare şi de calcul la aprecierea calităţii amestecului se foloseşte *coeficientul de exces de aer*. Acesta exprimă raportul dintre cantitatea de aer de care dispune 1 kg de combustibil, G_{aer}, şi cantitatea de aer necesară pentru arderea teoretică a acestei cantităţi de combustibil, G_{aert}:

$$\lambda = G_{aer}/G_{aert}$$

Pentru descrierea proceselor ce au loc în timpul funcţionării motorului se introduc anumite elemente geometrice, de volum sau poziţie. Astfel, *volumul minim* ocupat de gazele din cilindru se numeşte *volumul camerei de ardere* sau de *comprimare*, V_c, iar poziţia corespunzătoare a pistonului poartă denumirea de *punct mort interior (p.m.i.)*. Volumul maxim al cilindrului ocupat de gaze se numeşte *volumul total al cilindrului*, V_a, poziţia corespunzătoare a pistonului fiind *punctul mort exterior (p.m.e.)*. *Cilindreea* sau *capacitatea cilindrică* V_s a motorului reprezintă volumul descris de piston în cursa sa, între cele două puncte moarte.

Cilindreea totală sau *litrajul* este reprezentată de suma cilindreelor tuturor cilindrilor unui motor:

$$V_t = i \cdot V_s,$$

unde i este numărul de cilindri identici ai motorului.

Scanned with OKEN Scanner

Raportul dintre volumul maxim al cilindrului şi cel minim

$$V_a/V_c = \epsilon$$

se numeşte *raport de comprimare (geometric sau volumetric).*

Încărcarea motorului este apreciată prin sarcina motorului. Acest parametru exprimă gradul de încărcare a motorului, la o anumită turaţie, raportat la o încărcare de referinţă. Sarcina se poate aprecia prin coeficientul de sarcină:

$$\chi = P_e/P_{e\ \text{cont}}$$

adică, prin raportul dintre puterea efectivă dezvoltată de motor şi puterea efectivă continuă a motorului la aceeaşi turaţie. Pe baza coeficientului de sarcină pot fi determinate următoarele situaţii:

$\chi = 0$	sarcină nulă;
$0 < \chi < 1$	sarcini parţiale;
$\chi = 1$	sarcină plină;
$1 < \chi <$ cca 1,1	suprasarcină;
$\chi =$ cca 1,1	sarcină totală.

Pe baza valorilor factorilor şi parametrilor funcţionali, în primul rând turaţie şi sarcină, poate fi precizat *regimul funcţional* al motorului. Când valorile acestor factori nu variază în timp, motorul este în *regim stabilizat*. Trecerea de la un regim stabilizat la altul se face într-un anumit interval de timp, în care motorul parcurge un *regim tranzitoriu*. În stabilizarea unui regim funcţional apar diferiţi factori ce dictează o anumită durată a proceselor tranzitorii. *Regimul termic al motorului* (starea de temperaturi ale pieselor sale) are cea mai mare durată necesară pentru atingerea nivelului corespunzător invariabil dintre toţi factorii care precizează regimul funcţional.

Prin *modul de serviciu* al motorului se înţelege modul de utilizare în timp al acestuia.

1.2. FUNCŢIONAREA MOTORULUI ÎN PATRU TIMPI

Pentru a urmări principalele procese ce au loc în timpul funcţionării unui motor în patru timpi cu aspiraţie, în fig. 1.1 sunt reprezentate schema sa elementară şi ciclul său funcţional.

Încărcătura proaspătă din colectorul de admisie pătrunde prin canalul de admisie şi poarta supapei de admisie în cilindru. Momentul de început al acestei faze apare atunci când presiunea gazelor arse rămase în cilindru (gaze reziduale) scade sub cea exterioară, p_0. Având în vedere procesele de dinamică a curgerii fluidelor, supapa de admisie trebuie deschisă cu un oarecare avans (*d.s.a.*) (faţă de *p.m.i.*), iar închiderea acestei supape se realizează cu o oarecare întârziere (*î.s.a.*) (faţă de *p.m.e.*), în momentul în care presiunea gazelor din cilindru atinge valoarea celei din exterior. La sfârşitul acestei perioade, în cilindru este

Scanned with OKEN Scanner

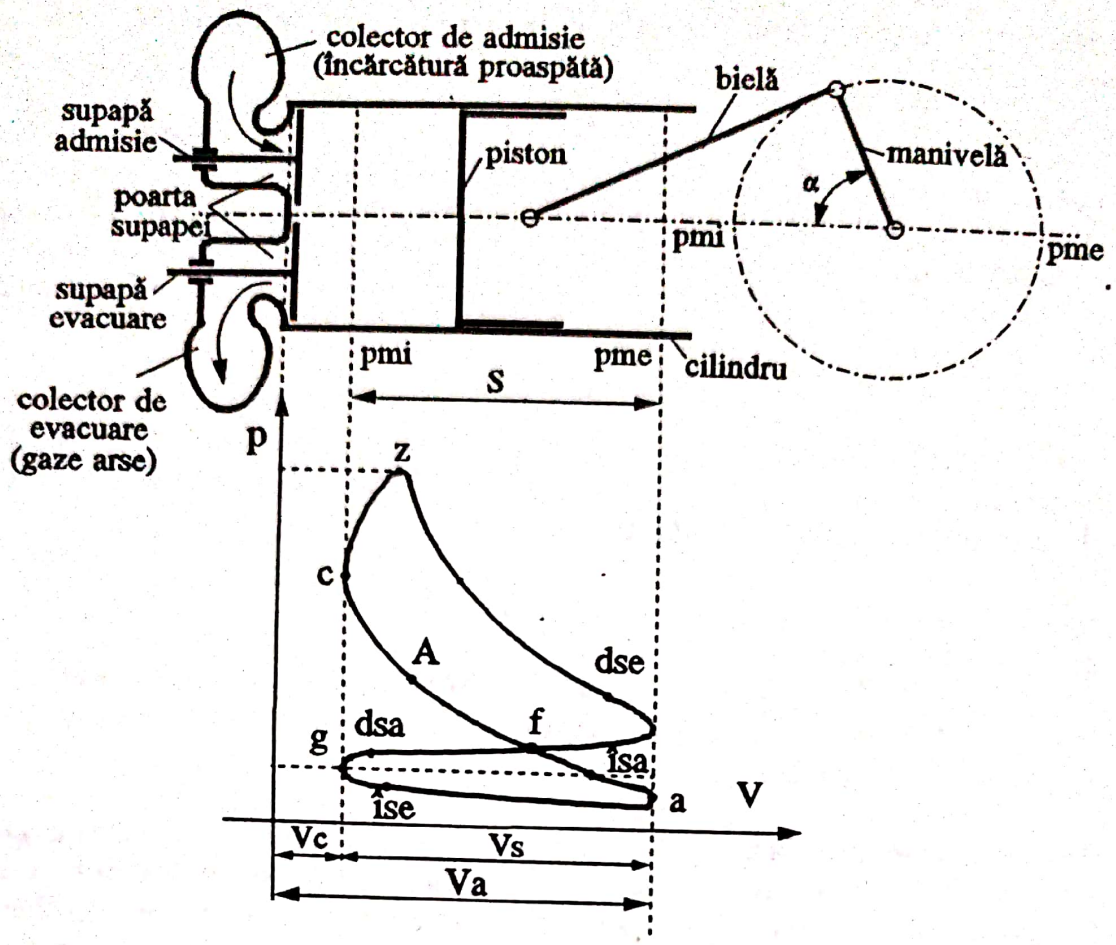


Figura 1.1

închisă o anumită cantitate de gaze, provenită prin amestecarea încărcăturii proaspete aspirată cu gazele reziduale. Acest amestec este numit *inițial*. Din momentul terminării admisiei începe procesul de comprimare a amestecului inițial. Comprimarea se termină în momentul începutului arderii.

Procesul de ardere se desfăşoară în paralel cu creşterea puternică a presiunii. Are loc destinderea gazelor arse (amestecul final), până în momentul deschiderii supapei de evacuare (*d.s.e.*). Închiderea acestei supape (*î.s.e.*) se face după criteriul unei evacuări cât mai complete a gazelor arse din cilindru.

Pe durata acestor procese se efectuează un anumit lucru mecanic. Pentru un ciclu, *lucrul mecanic motor* are valoarea L_r. Raportând acest lucru mecanic la cilindreea V_s se obţine *lucrul mecanic specific* (produs de unitatea de cilindree) sau *presiunea medie indicată*. Aceasta este o mărime caracteristică a ciclului.

Cantitatea de combustibil consumată de motor în unitatea de timp se numeşte *consum de combustibil*. Pentru aprecierea performanţelor motorului interesează în special *consumul orar de combustibil*, C_e.

Raportul dintre consumul de combustibil şi puterea indicată reală se numeşte *consum specific indicat real de combustibil*, iar raportul faţă de puterea efectivă se numeşte *consum specific efectiv de combustibil*.

Scanned with OKEN Scanner

1.3. CÂTEVA ASPECTE ALE UMPLERII

Aşa după cum s-a arătat, momentele de închidere şi deschidere ale supapelor de admisie şi evacuare sunt alese în ideea asigurării unei cât mai bune schimbări a gazelor.

În fig. 1.2 se prezintă în detaliu modul de alegere pentru momentele de acţionare a supapelor.

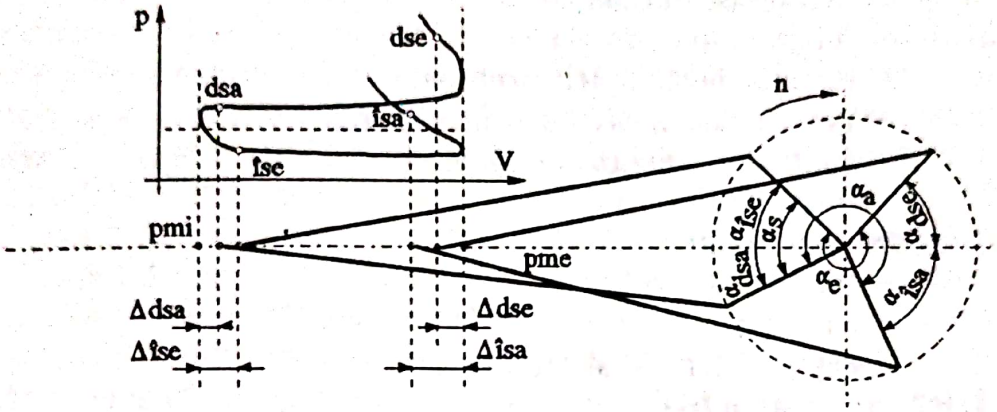


Figura 1.2

Avansurile la deschiderea şi întârzierile la închiderea supapelor pot fi precizate fie prin distanţele pistonului faţă de punctul mort cel mai apropiat în momentul respectiv ($\Delta_{d.s.e.}$; $\Delta_{d.s.a.}$; $\Delta_{î.s.e.}$; $\Delta_{î.s.a.}$), fie prin unghiurile dintre manivelă şi axa longitudinală a cilindrului în aceleaşi momente. Rezultă şi valorile în unghiuri de rotaţie ale arborelui cotit ale deschiderii supapelor (α_e şi α_a), precum şi valoarea unghiulară a suprapunerii deschiderii supapelor ($\alpha_s = \alpha_{d.s.a.} + \alpha_{î.s.e.}$).

Reprezentarea grafică a ridicării h a supapelor sau a secţiunii lor de trecere f în funcţie de unghiul de rotaţie α al arborelui cotit se numeşte *epura fazelor distribuţiei* [5] şi se prezintă în fig. 1.3

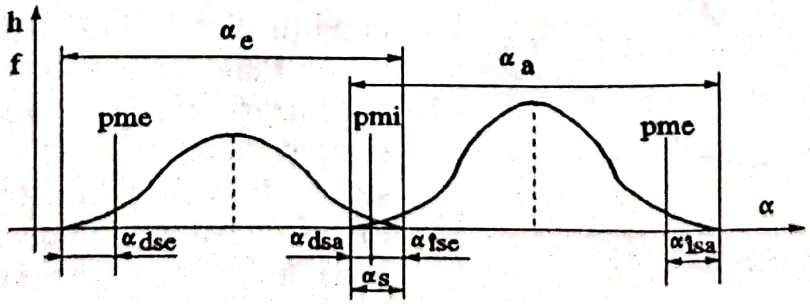


Figura 1.3

Epura plasării camelor care comandă cele două supape este prezentată în fig. 1.4. Această epură se obţine ţinând seama de valorile fazelor distribuţiei, de ordinea de comandă a supapelor în ciclu, precum şi de faptul că turaţia axului cu came este jumătate din cea a arborelui cotit.

Scanned with OKEN Scanner

Îmbunătăţirea substanţială a umplerii, ca o cale importantă de ameliorare a performanţelor motorului, justifică necesitatea realizării unor avansuri la deschiderea şi întârzieri la închiderea supapelor. În acest fel apare posibilitatea măririi duratei în care supapa este în mişcare, asigurând avantaje substanţiale în cinematica şi dinamica sistemului de distribuţie.

Asupra umplerii acţionează un complex de factori, care pot fi grupaţi astfel:

Factori de stare:
- presiunea iniţială;
- temperatura iniţială;
- dozajul încărcăturii proaspete;
- umiditatea încărcăturii proaspete;
- cantitatea de gaze reziduale;
- turbulenţa.

Factori funcţionali:
- turaţia motorului;
- sarcina;
- regimul termic al motorului.

Factori constructivi:
- raportul de comprimare;
- mărimea cilindrului;
- fazele distribuţiei;
- rezistenţele sistemului de admisie.

Cunoaşterea factorilor, atât individual, dar mai ales în interdependenţele lor complexe permite o proiectare mai bună a motoarelor, cu creşterea corespunzătoare a performanţelor de putere şi consum.

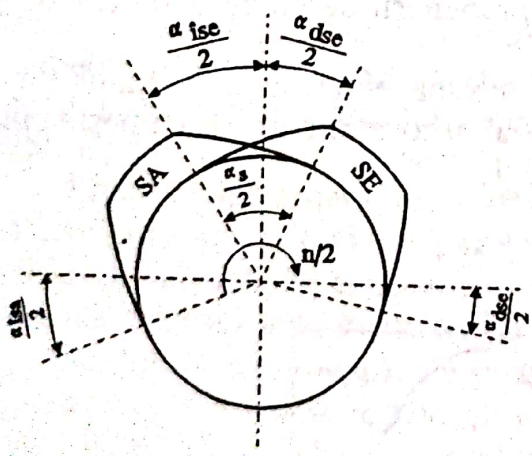


Figura 1.4

Aprecierea calităţii umplerii este dată de coeficientul de umplere $\eta_v = C/C_0$, în care C este cantitatea (greutatea) de încărcătură proaspătă care intră în realitate în cilindru, iar C_0 este cantitatea de încărcătură proaspătă reţinută în cilindru în condiţii de referinţă (p_0, T_0, V_s).

Punerea în valoare, în sensul optimizării umplerii, a factorilor de stare şi funcţionali se realizează pe seama factorilor constructivi. Una din căile cele mai importante de îmbunătăţire a umplerii este reducerea rezistenţei sistemului de admisie.

La motorul cu aprindere prin scânteie cu formarea amestecului în exterior şi cu combustibil lichid, problema valorii secţiunilor transversale din circuitul de admisie capătă un aspect complex. În acest caz, în colectorul de admisie este transportat un amestec de aer cu multe picături de combustibil lichid, de dimensiuni extrem de variate. Până la vaporizarea lor completă, aceste picături trebuie susţinute în curentul de aer. În acest fel se evită căderea lor pe perete,

Scanned with OKEN Scanner

unde ar forma o peliculă de combustibil. Curgerea aerului antrenează combustibilul din peliculă spre supapa de admisie, prin care se strecoară, la deschiderea acesteia, în cilindru. Fenomenul poate provoca efecte nedorite. Astfel, la preîncălziri nepotrivite ale colectorului de admisie, fracţiunile grele din pelicula lichidă pot suferi transformări chimice care au ca rezultat formarea de gume. Aceste gume obturează colectorul şi poarta supapei, înrăutăţind umplerea. Precipitarea picăturilor are loc cu precădere la devierile curentului de amestec, precum şi la creşterile bruşte ale secţiunii transversale. Asigurarea portanţei necesare a picăturilor de combustibil în curentul de aer impune viteze relative ridicate între cele două componente ale amestecului (sustentaţia fiind proporţională cu pătratul vitezei relative dintre picături şi curentul de aer). Rezultă deci că la un debit dat aspirat de motor, creşterea vitezei aerului, până la valoarea necesară, se obţine obligatoriu prin micşorarea secţiunilor transversale. Evident că prin aceasta umplerea se înrăutăţeşte. Problema se complică prin aceea că viteza curentului de aer depinde de turaţie (datorită modificării debitului aspirat). În cazul motoarelor de automobil, ce funcţionează într-o gamă largă de turaţii (cu un raport al valorilor extreme aproximativ de 10:1) problemele sunt contradictorii. Astfel trebuie să se asigure, în sarcină totală (când obturatorul este complet deschis, deci secţiunea circuitului de admisie maximă), o viteză încă suficientă. La turaţii reduse (la sarcini reduse), vaporizarea picăturilor este intensificată prin micşorarea presiunii la nivelul colectorului de admisie. De aici rezultă la turaţii reduse ca fiind necesare valori scăzute ale secţiunilor transversale (la turaţii mari n-ar mai fi cazul) şi ca urmare se înrăutăţeşte mult umplerea, deci scade puterea motorului. Din aceste motive, la motorul cu turaţie variabilă trebuie să se realizeze un compromis. Astfel la turaţii mai scăzute se acceptă o portanţă nesatisfăcătoare a picăturilor (cu toate problemele ce decurg de aici), prin realizarea unor secţiuni transversale mai mari, îmbunătăţind umplerea la turaţii ridicate (pentru a mări puterea dezvoltată de motor la sarcină plină). Toate aceste probleme sunt greu de reconciliat în cazul alimentării motoarelor cu ajutorul carburatoarelor.

Utilizarea injecţiei de benzină în poarta supapelor asigură o îmbunătăţire semnificativă a umplerii, datorită libertăţii de a dimensiona mai generos colectorul de admisie. O vaporizare suficientă, prin păstrarea unei viteze relative suficiente între picăturile de benzină şi curentul de aer, se realizează în acest caz prin mărirea vitezei picăturilor de benzină, ca rezultat al procesului de injecţie. Îmbunătăţirea devine şi mai substanţială în cazul injecţiei directe în cilindri, deoarece colectorul comun de admisie se poate suprima. În fig. 1.5 se prezintă, funcţie de excesul de aer, variaţia coeficientului de umplere pentru diferitele variante de alimentare a motoarelor cu aprindere prin scânteie.

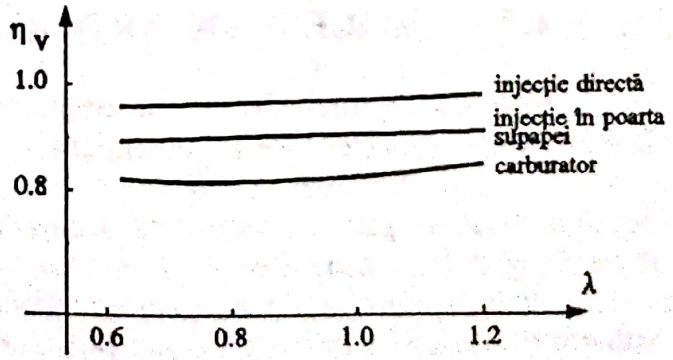


Figura 1.5

Scanned with OKEN Scanner

1.4. CONDIŢIILE IMPUSE SISTEMULUI DE FORMARE A AMESTECULUI

Chiar din perioada de început a dezvoltării motoarelor cu aprindere prin scânteie au rezultat o serie de cerinţe pentru sistemul de formare a amestecului. Aceste cerinţe au apărut din considerente atât teoretice, cât şi practice. Încă din anul 1931, H.R. Ricardo sintetizează principalele probleme ale sistemului de formare a amestecului [46], după cum urmează:

1. *Să asigure un raport constant predeterminat între aer şi benzină la toate turaţiile şi sarcinile, în condiţii normale;*
2. *Să pulverizeze combustibilul cât mai fin posibil în toate condiţiile;*
3. *Să permită îmbogăţirea amestecului la deschiderea bruscă a clapetei de acceleraţie;*
4. *Să asigure amestec îmbogăţit pentru pornire sau pentru turaţii scăzute de mers în gol;*
5. *Să fie prevăzut cu mijloace automate sau uşor controlabile de îmbogăţire a amestecului pentru întreg domeniul de funcţionare sau măcar pentru partea inferioară a acestuia până când se atinge regimul termic stabilizat;*
6. *Să fie uşor de reglat şi să nu se deregleze în timpul funcţionării.*

Singura condiţie care nu apare este cea de a avea *posibilitatea reglării dozajului în buclă închisă pentru realizarea condiţiilor de emisii poluante minime*, problemă care la nivelul anului 1931 încă nu se punea.

Pe baza acestor cerinţe s-au proiectat şi realizat carburatoare din ce în ce mai perfecţionate, care au înlăturat prin compromis anumite aspecte contradictorii. Evident că din punct de vedere teoretic sistemele de injecţie îndeplinesc mai uşor condiţiile arătate, dar din considerente tehnologice şi de preţ acestea s-au dezvoltat şi perfecţionat mai târziu, iar din condiţia de reglaj în buclă închisă se impun ca fiind cea mai bună alternativă. Din aceste considerente rezultă că viitorul este cel al motoarelor cu alimentare prin injecţie.

1.5. PROCESE DE ARDERE ŞI DE APRINDERE

Ecuaţia chimică de ardere exprimă proporţia stoichiometrică în care se combină substanţele care reacţionează:

$$aA + bB + \ldots \rightleftharpoons xX + yY + \ldots ,$$

adică a moli de gaz A reacţionează cu b moli de gaz B etc. pentru a produce x moli de gaz X, y moli de gaz Y etc.

Prin convenţie, în această ecuaţie de proporţii se trec în membrul drept substanţele care împreună au mai puţină energie decât substanţele din membrul stâng. În virtutea acestei convenţii se înţelege că reacţia care se produce de la stânga la dreapta transformă energia chimică în alte forme de energie, de exemplu în căldură, de unde denumirea de sens exotermic. Sensul invers al reacţiei, de la dreapta la stânga, se produce fireşte cu absorbţie de căldură, deci endotermic.

Procesele de ardere pot fi împărţite, conform ecuaţiei chimice de ardere, în funcţie de cantitatea de oxigen de care dispune cantitatea dată de combustibil.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel întâlnim procese de ardere completă sau teoretică şi procese de ardere incompletă.

În cazul în care substanţele finale (produsele de ardere) din ecuaţia chimică nu mai conţin energie chimică, deoarece energia chimică conţinută în substanţele iniţiale (membrul stâng al ecuaţiei) s-a transformat în alte forme de energie, reacţia se numeşte *ardere completă* sau *teoretică*. Substanţele iniţiale combustibile trebuie să dispună de o cantitate de oxigen cel puţin egală cu cea necesară oxidării sale integrale. Această cantitate de oxigen se numeşte *teoretică, corect chimică* sau *stoichiometrică*.

Dacă substanţele combustibile iniţiale nu dispun de cantitatea teoretică de oxigen, reacţia corespunde unei *arderi incomplete*. În acest caz o parte din produsele de ardere mai au energie chimică. Acesta înseamnă că, la arderea incompletă, cantitatea de energie obţinută este mai redusă, cu atât mai mult cu cât cantitatea disponibilă de oxigen este mai mică.

În cazul ecuaţiei chimice a arderii complete dozajul substanţelor iniţiale este *teoretic*. Dacă oxigenul este în exces faţă de cel teoretic, dozajul este definit ca *sărac*, iar în cazul unei cantităţi disponibile de oxigen inferioare celei teoretice, dozajul este definit ca *bogat*.

Reacţiile de ardere a combustibililor sunt însoţite de degajare de căldură. O reacţie de ardere este caracterizată de *căldura de reacţie* ce reprezintă cantitatea de căldură degajată în exterior prin arderea totală a unităţii de substanţă combustibilă. Valoarea căldurii de reacţie depinde, în primul rând, de natura combustibilului şi, în al doilea rând, de condiţiile de temperatură, presiune şi volum în care s-a desfăşurat arderea. Căldura degajată prin ardere este folosită de produsele de ardere pentru creşterea temperaturii lor.

Arderea este un proces complex, ale cărui mecanisme nu au fost pe deplin elucidate. În teoria generală a motoarelor se găsesc detaliate diferite teorii ale acestui proces [5], [46].

Arderea se poate studia din mai multe puncte de vedere. Astfel, în ceea ce priveşte cinematica arderii, se studiază *viteza de reacţie* şi posibilităţile de control al acestui parametru în condiţii normale prin intermediul *catalizei*. Din punctul de vedere al mecanismelor atomo-moleculare ale arderii s-au studiat diferite modele, cum ar fi *reacţiile înlănţuite* sau *reacţiile cu lanţuri ramificate*, fiecare din acestea explicând anumite aspecte ale proceselor complexe ce au loc.

Arderea a fost definită ca un proces chimic reactiv exotermic, produs prin oxidarea substanţelor combustibile şi care, în cazurile de interes, decurge rapid în timp, fiind însoţit de emisiune de lumină (flacără), precum şi de creşterea temperaturii şi presiunii. Începutul reacţiilor chimice de oxidare, numit *aprindere*, se produce în momentul în care procesul de oxidare relativ lent trece într-un proces rapid de oxidare, astfel încât reacţiile cuprind, în unitatea de timp, o cantitate atât de mare de substanţe reactive, încât emisia de lumină şi căldură, creşterea temperaturii şi presiunii devin semnificative.

La motoarele cu ardere internă interesează două moduri distincte prin care se poate ajunge la aprindere: *autoaprinderea* şi *aprinderea forţată* (de tipul celei provocate de descărcarea scânteii electrice).

Pentru motoarele cu aprindere prin scânteie interesează evident mecanismul aprinderii forţate. În amestecul omogen, aprinderea forţată se poate realiza prin declanşarea unei scântei electrice sau printr-o suprafaţă sau punct cald.

Scanned with OKEN Scanner

Scânteia electrică reprezintă un flux intens de electroni care formează un canal bun conducător de electricitate. Intensitatea curentului în canal atinge valori foarte ridicate. Scânteia este însoţită de fenomene deosebite, ca de exemplu radiaţia luminoasă şi calorică, ionizarea moleculelor şi excitarea lor, apariţia unor unde de presiune. Temperatura momentană atinge valori extrem de mari (20 000°C). O parte din energia descărcării se consumă pentru încălzirea locală a amestecului, o alta pentru ionizarea moleculelor, iar cea mai mare parte, pentru încălzirea electrozilor bujiei.

Cu toate că mecanismul aprinderii forţate de la scânteie nu este complet cunoscut, se poate afirma că trecerea scânteii electrice excită moleculele şi face posibilă iniţierea de lanţuri reactive. Aprinderea se produce după un proces la temperatură înaltă şi este punctiformă şi nu în volum.

După realizarea aprinderii, remarcată vizual prin apariţia unui nucleu de flacără, urmează arderea, cu propagarea flăcării în amestecul format. Propagarea flăcării constituie de asemenea obiectul unor studii aprofundate, finalizate cu elaborarea de modele [5].

1.6. ARDEREA NORMALĂ ÎN MOTORUL CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

Trăsăturile fundamentale ale arderii în motoarele cu aprindere prin scânteie derivă din aceea că, în momentul declanşării scânteii electrice, amestecul aer-combustibil din cilindru se găseşte într-o stare de mare omogenitate. În caz contrar nu sunt posibile nici apariţia focarului iniţial (nucleul de flacără), nici răspândirea flăcării în toate direcţiile, până la aprinderea în întregime a amestecului. Astfel, prepararea unui amestec omogen aer-combustibil are o influenţă hotărâtoare pentru procesul de ardere. În acest scop este necesar să se asigure vaporizarea combustibilului lichid, amestecarea sa intimă cu aerul, precum şi realizarea unei proporţii corespunzătoare între aer şi combustibil.

Toate calităţile motorului depind într-o măsură însemnată de gradul de vaporizare a combustibilului. În fază lichidă arderea combustibilului se desfăşoară lent, se prelungeşte în destindere şi reduce economicitatea. Picăturile de combustibil sunt o sursă de formare a depunerilor de calamină în camera de ardere şi de neuniformitate a dozajului pentru diferiţi cilindri. De asemenea, picăturile de combustibil antrenate în cilindru se depun pe oglinda lui, spală pelicula de ulei, compromiţând ungerea. Ajungând apoi în carter, diluează uleiul şi înrăutăţesc calităţile lui unguente. Toate aceste procese duc la uzuri rapide ale motorului.

După cum s-a arătat, o intensificare a vaporizării combustibilului lichid se realizează prin mărirea vitezei relative dintre cele două fluide care urmează a se amesteca - aerul şi combustibilul (vaporizare dinamică). Aceasta se poate realiza în două moduri distincte:

– prin mărirea vitezei aerului în raport cu vâna de combustibil (specific formării amestecului prin carburaţie);

– prin mărirea vitezei combustibilului în raport cu aerul (specific formării amestecului prin injecţie).

Scanned with OKEN Scanner

Arderea normală la motoarele cu aprindere prin scânteie constă în arderea treptată a amestecului aer-combustibil, ca rezultat al propagării unei flăcări (front de aprindere) în încărcătura proaspătă, de la un focar inițial produs în dreptul electrozilor bujiei, după declanşarea scânteii electrice. Arderea normală, caracterizată de procesul de propagare a flăcării cu viteze moderate, este singura care asigură o eficienţă economică ridicată, nu provoacă avarierea sau uzura rapidă a motorului şi poate fi dirijată sau controlată.

În anumite situaţii apar fenomene perturbatoare ce împiedică arderea normală. Uneori este posibil, către sfârşitul arderii normale, înainte ca frontul de aprindere să străbată întreaga cameră de ardere, să apară în încărcătura proaspătă o accelerare puternică a arderii, un fenomen de autoaprindere a ultimelor porţiuni de amestec. În acest caz, procesul de ardere este cunoscut sub numele de detonaţie sau bătaie de ardere. Detonaţia limitează performanţele tehnico-economice şi duce rapid la scoaterea din funcţiune a motorului. Alteori este posibil ca desfăşurarea arderii normale să fie însoţită de apariţia unor aprinderi ale amestecului de la punctele sau suprafeţele calde din camera de ardere (calamină incandescentă etc.), înainte sau după producerea scânteii, cu formarea unuia sau mai multor fronturi de aprindere suplimentare. Aceste manifestări ale arderii din motoarele cu aprindere prin scânteie sunt denumite *ardere anormală.*

Cel mai răspândit şi mai vechi mijloc de investigaţie pentru studiul arderii îl constituie diagrama indicată. În mod obişnuit aceasta poate fi ridicată în două sisteme de coordonate: *presiune-volum* sau *presiune-unghi de rotaţie a manivelei* [5]. Cele două variante sunt prezentate corelate între ele în fig. 1.6.

Diagrama *presiune-unghi de rotaţie a manivelei* (fig. 1.6 b) este mai convenabilă pentru studiu, întrucât permite o extindere a intervalului de variaţie a presiunii în timpul arderii, ceea ce măreşte precizia investigaţiei.

Declanşarea scânteii electrice se produce cu avans faţă de p.m.i. în punctul s, care poate fi precizat pe diagramă în timpul experimentării sau ulterior. Avansul la producerea scânteii electrice se notează cu β.

Diagrama desfăşurată p-α evidenţiază următoarele aspecte [46]:

a. După declanşarea scânteii electrice, cele două curbe de presiune rămân suprapuse un interval de timp, în care arborele parcurge unghiul α_i ;

b. Din momentul desprinderii curbelor (din punctulul de desprindere), presiunea din ciclul cu aprindere creşte rapid, până atinge valoarea maximă. Această etapă a procesului, în care arborele cotit parcurge unghiul α_p, poartă numele de ardere vizibilă, deoarece creşterea însemnată de presiune nu poate fi decât rezultatul punerii în libertate a unei părţi importante din energia chimică a combustibilului. Curbele de presiune se desprind înaintea p.m.i. cu avansul β_d.

Un parametru caracteristic al procesului de ardere din această etapă îl constituie tangenta la curba de presiune, în fiecare punct, care reprezintă viteza instantanee de creştere a presiunii ($d_p/d = p'$). Din studiul acestei diagrame (prezentată în fig. 1.6 *c*) se pot trage o serie de concluzii însemnate pentru o proiectare corectă a motoarelor.

c. După ce atinge valoarea maximă, presiunea începe să scadă după o lege care reprezintă o evoluţie termodinamică de destindere. Sfârşitul arderii poate fi precizat cu ajutorul diagramei indicate numai prin calcul, după prelucrarea ei pe baza unor ipoteze simplificatoare.

Scanned with OKEN Scanner

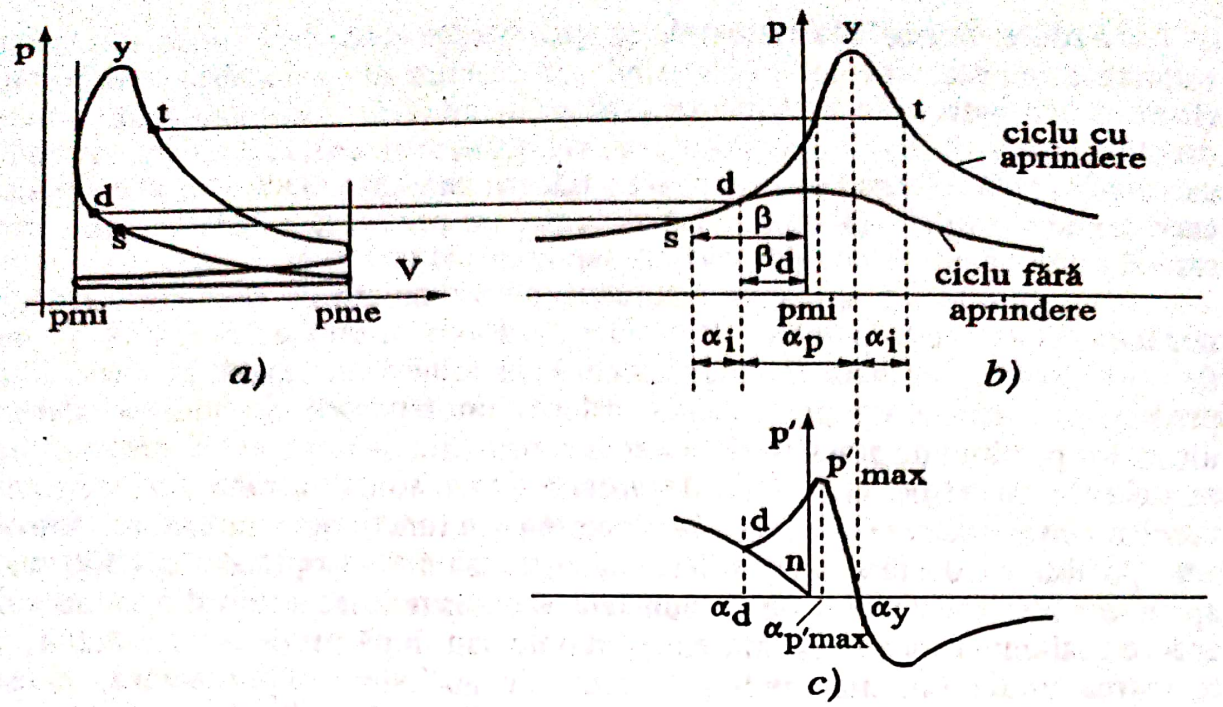


Figura 1.6

Îmbunătăţirea calităţilor generale ale motorului, a indicilor săi caracteristici şi în primul rând a puterii şi randamentului se poate obţine numai dacă durata arderii este redusă la minimum. Asupra procesului de ardere acţionează în mod distinct diferiţi factori ce pot fi grupaţi după cum urmează [5]:

Factori de stare:

- turbulenţa;
- dozajul;
- temperatura iniţială;
- cantitatea de gaze arse reziduale;
- umiditatea.

Factori funcţionali:

- avansul la producerea scânteii;
- turaţia;
- sarcina.

Factori constructivi:

- raportul de comprimare;
- dimensiunile cilindrului;
- arhitectura camerei de ardere;
- arhitectura colectorului de admisie;
- compoziţia combustibilului.

Evident, un control eficient al arderii prin intermediul avansului la aprindere trebuie să ţină seama de aceşti factori în interdependenţa lor funcţională. Rezultă o mare complexitate, ceea ce impune şi în acest domeniu controlul computerizat. Se poate deci concluziona că un control simultan asupra formării amestecului şi al aprinderii, realizat cu un sistem de procesare puternic, asigură creştrea performanţelor motoarelor cu aprindere prin scânteie.

Scanned with OKEN Scanner

1.7. DOZAREA COMBUSTIBILULUI

Reglarea cantităţii de combustibil impune dozarea corespunzătoare calitativă şi cantitativă a amestecului la toate regimurile de sarcină şi turaţie: pornirea la rece, mersul în gol, mersul în regim de sarcină medie şi maximă, precum şi regimurile tranzitorii, pentru a obţine funcţionarea cea mai economică şi cel mai scăzut nivel de noxe.

Esenţial pentru structurarea unei instalaţii de alimentare prin injecţie este natura semnalului de reglare. Cantitatea de carburant C_c ce se amestecă cu cantitatea de aer C_a la un coeficient de dozaj λ_L este dată de relaţia:

$$C_c = \frac{C_a}{\lambda_L} . \qquad (1.1)$$

Se obţine relaţia:

$$C_c = \frac{F_a \cdot \mu_a \sqrt{2 \cdot \rho_a \cdot \Delta_p}}{\lambda_L} , \qquad (1.2)$$

unde

F_a – secţiunea de curgere a aerului prin galeria de admisie;
μ_a – coeficientul de viteză;
ρ_a – densitatea aerului;
Δ_p – depresiunea în secţiunea F_a.

Efectuarea reglării debitului de combustibil C_c impune în primul rând măsurarea debitului de aer. În acest scop se pot utiliza procedee globale, prin măsurarea simultană a ambelor mărimi componente ale debitului: secţiunea de curgere şi depresiunea. Pot fi folosite procedee de măsurare a depresiunii cu menţinerea constantă a secţiunii de curgere sau invers. În aceste cazuri sunt necesare măsuri suplimentare pentru corectarea abaterilor densităţii aerului ρ_a introduse de modificarea temperaturii şi presiunii.

Pe baza relaţiilor de dozaj, se disting următoarele sisteme de reglare:

– prin măsurarea secţiunii de curgere a aerului, exprimată prin poziţia unghiulară a unui obturator;
– prin măsurarea depresiunii din galeria de admisie;
– cu ajutorul debitmetrelor electrice.

Reglajul după poziţia obturatorului realizează corelarea debitului de combustibil cu unghiul de deschidere a clapetei, care determină debitul de aer. Măsurarea pe această cale a debitului de aer nu este însă foarte precisă deoarece este neglijată influenţa depresiunii. Ca avantaj al metodei trebuie remarcat faptul că în acest caz organul de reglare a sarcinii îndeplineşte şi funcţia de debitmetru, din care motiv traseul de admisie este simplificat, contribuind la îmbunătăţirea umplerii cilindrilor. De asemenea, sunt remarcabile promptitudinea răspunsului dinamic şi sensibilitatea.

Scanned with OKEN Scanner

Principiul se pretează la crearea unor sisteme mecanice de reglare, simple şi ieftine. Totuşi, reglajul mecanic creează dificultăţi datorită numărului relativ mare de piese mobile şi articulaţii care se uzează şi se dereglează, necesitând o întreţinere frecventă şi calificată.

Procedeul de reglare vacuumatică foloseşte ca mărime de reglare depresiunea din galeria de admisie. În acest caz se ţine seama automat şi de variaţia turaţiei, fiind totuşi necesare uşoare corecţii impuse de reproducerea fidelă a caracteristicii de dozare. De regulă, efectul turaţiei trebuie avut în vedere doar la valori ridicate ale acestui parametru, deoarece la turaţii mijlocii umplerea cilindrilor este mai puţin influenţată de modificarea regimului de viteză a motorului. Sistemul, ce răspunde rapid la modificarea sarcinii, se distinge prin simplitate şi fiabilitate.

În ultima categorie de procedee se înscriu *dispozitivele care măsoară atât depresiunea, cât şi secţiunea*. În amontele obturatorului se montează un debitmetru în care elementul esenţial îl constituie o clapetă cu deplasare axială sau circulară. Mişcarea clapetei se efectuează sub acţiunea depresiunii variabile ce apare la deschiderea obturatorului.

Debitul de aer poate fi măsurat şi prin *anemometrie electrică*. În acest caz, la intrarea în colectorul de admisie se prevede o rezistenţă de platină încălzită electric, încorporată într-o punte Wheatstone. Rezistenţa este plasată într-o zonă de circulaţie a aerului de secţiune constantă. Temperatura rezistenţei scade o dată cu creşterea vitezei aerului (deci a debitului), dezechilibrând puntea. Tensiunea de dezechilibru este folosită pentru controlul temperaturii rezistenţei de platină. Reechilibrarea punţii presupune creşterea valorii curentului de încălzire care străbate rezistenţa. Pe baza valorii curentului de încălzire se obţin informaţii cantitative asupra debitului (masic) de aer. Timpul de răspuns al dispozitivului este extrem de redus, de ordinul milisecundelor. Măsurând debitul masic de aer, procedeul nu reclamă corecţii suplimentare, deoarece în semnalul emis intră şi efectul densităţii aerului, adică influenţa mărimilor de stare locale ale aerului, inclusiv a altitudinii. Rezistenţa, având secţiune proprie foarte redusă, nu creează rezistenţe suplimentare la umplere. Avantajul esenţial al acestei metode de reglaj provine din aceea că de fapt în motor se arde o anumită masă de benzină, pentru care este necesară o masă de aer bine precizată; deci, debitul masic de aer reprezintă informaţia cea mai corectă ce poate fi folosită.

În expresia debitului de combustibil (1.2) intră şi coeficientul de dozare, λ. El poate fi luat în considerare, folosind anumite criterii, cum ar fi condiţia funcţionării economice (consum redus) sau respectarea normelor de protecţie a mediului (noxe poluante minime). În cel de-al doilea caz se impune ca la toate regimurile funcţionale valoarea coeficientului de dozaj să fie adusă la niveluri care să reprezinte compromisul cel mai convenabil între consum şi poluare. În acest caz în structura sistemului de control apare un bloc electronic în care se memorează caracteristica de dozare, elaborată ţinându-se seama de criteriul ales şi care comandă în mod corespunzător dispozitivul de dozare.

Un caz special este cel al motoarelor prevăzute cu sisteme de depoluare a gazelor de eşapament folosind posttratare catalitică. Depoluarea este asigurată de un filtru catalitic cu trei căi, a cărui funcţionare optimală se realizează numai

Scanned with OKEN Scanner

dacă coeficientul de dozare a amestecului realizat este menţinut riguros constant la valoarea stoichiometrică, $\lambda = 1$. Determinarea coeficientului de dozare a amestecului se face pe baza analizei gazelor arse cu ajutorul unui sensor λ (de fapt, traductor de oxigen), plasat în cirucitul de evacuare, înaintea filtrului catalitic. Sensorul λ emite un semnal a cărui tensiune este dependentă de densitatea oxigenului în amestec. Semnalul este folosit pentru închiderea unei bucle de reacţie negativă, cu efect stabilizator pentru valoarea coeficientului de dozaj, permiţând regulatorului să controleze în mod corespunzător debitul de combustibil.

Uneori se foloseşte drept criteriu de reglaj variaţia randamentului de umplere a cilindrilor. Dacă se impune condiţia de a alimenta motorul la toate regimurile stabilizate cu amestec având acelaşi coeficient de dozaj, λ, rezultă:

$$\lambda = \frac{C_a}{C_{at}} = \frac{C_a}{L \cdot C_c}, \tag{1.3}$$

de unde

$$C_c = \frac{C_a}{L \cdot \lambda}. \tag{1.4}$$

Având în vedere că

$$C_a = f(F_a, \eta_v), \tag{1.5}$$

unde F_a este secţiunea-timp a supapei de admisie, iar η_v randamentul volumetric al umplerii, se obţine o dependenţă de tipul:

$$C_c = f(\eta_v). \tag{1.6}$$

Se poate deci concluziona că în final cantitatea de combustibil ce trebuie dozată depinde numai de randamentul volumetric al umplerii, deoarece pentru un motor dat L, λ şi F_a sunt constante şi cunoscute.

La motoarele cu aprindere prin scânteie care au raportul cursă/diametrul pistonului şi lungimea relativă a bielei de valori apropiate, fazele distribuţiei au o împrăştiere relativ redusă. Se estimează avansul la deschiderea supapei de admisie la cca 25° RAC înaintea punctului mort interior, iar închiderea se face la cca 60° RAC după punctul mort exterior. Aceste valori unghiulare au rezultat ca un compromis optim din punctul de vedere al performanţelor de putere, consum şi poluare. Ca urmare, variaţia vitezei de curgere a aerului pe lângă supapa de admisie este asemănătoare la toate motoarele cu aprindere prin scânteie, îndeplinind condiţiile menţionate. Se obţine astfel o caracteristică universală a randamentului volumetric de umplere. Memorând aceeaşi funcţie $f(\eta_v)$, la nivelul unui bloc electronic se poate realiza un sistem de control al dozajului aplicabil într-o gamă largă de cilindrei.

Scanned with OKEN Scanner

Procedeul realizează un dozaj care se abate într-o oarecare măsură de la cerinţele motorului exprimate prin caracteristica de dozare. Datorită marelui avantaj al simplităţii şi al preţului de cost redus procedeul este recomandabil pentru automobilele de foarte largă răspândire.

1.8. POLUAREA MEDIULUI

Reducerea poluării constituie o prioritate politică în multe zone ale lumii. Se caută un echilibru dificil între necesitatea aerului curat şi cea a transporturilor [32]. Automobilul electric reprezintă o soluţie atractivă, marcată de multe cercetări, dar şi de rezultate relativ modeste [40], [47], [50]. Principala problemă constă în autonomia redusă şi în costul ridicat al bateriilor de acumulatoare [38], [49].

Poluarea atmosferei se datoreşte parţial şi gazelor eşapate de automobile [29]. Principalele noxe sunt: oxidul de carbon, oxizii de azot şi hidrocarburile nearse. Se apreciază că la ora actuală automobilele produc 95% din oxidul de carbon care provine din procesele artificiale, circa 1/3 din oxizii de azot şi circa 10% din particulele solide existente în atmosferă. Efectele poluării produse de automobile sunt de obicei locale, dar nu trebuie neglijată influenţa pe care acestea o au asupra creşterii conţinutului de bioxid de carbon al aerului planetei, creştere care, dacă nu se limitează, va duce, după cum se apreciază, la mutaţii climatice însemnate. În ceea ce priveşte efectele locale ale poluării atmosferei, acestea sunt importante în oraşele mari, cu trafic intens.

Concentraţiile principalelor noxe variază în funcţie de condiţiile atmosferice şi de ora locală. Prin măsurări efectuate la Los Angeles s-a determinat concentraţia de oxid de carbon, situată aproape zilnic între 6 şi 15 ppm, concentraţia de oxizi de azot, între 0.05 şi 0,15 ppm, iar concentraţia de hidrocarburi între 2 şi 4 ppm. La New York, concentraţia de oxid de carbon atinge 15 ppm timp de 8 ore în 30% din zilele anului.

În ţara noastră, potrivit normelor Ministerului Sănătăţii, concentraţia admisă de oxid de carbon este de 4,8 ppm pentru 1/2 oră, iar pentru oxizi de azot, 0,15 ppm pentru aceeaşi perioadă de expunere.

Prin arderea benzinei în motoarele cu aprindere prin scânteie se obţin (rapotat la volumul total): oxid de carbon 0,1, ..., 6%, hidrocarburi nearse 100 ... 1 000 ppm, oxizi de azot 200 ... 4 000 ppm, bioxid ce carbon 9, ..., 14%, oxigen 0,1, ..., 4%, vapori de apă 12, ..., 14% şi azot (restul).

În afara oxigenului, azotului, vaporilor de apă şi hidrogenului, celelate substanţe se încadrează în categoria substanţelor poluante primare. Alte substanţe poluante - cele secundare - se formează în aer prin interacţiunea celor primare sau prin reacţiile acestora cu alţi constituienţi ai aerului. Dintre substanţele poluante secundare cele mai importante sunt smogul fotochimic, frecvent la Los Angeles şi Tokyo, şi smogul umed, specific Londrei.

Cantitatea de substanţe poluante degajate de automobil depinde de parametrii constructivi ai motorului şi ai automobilului însuşi, de regimul de

Scanned with OKEN Scanner

funcţionare, de calitatea reglajelor, de temperatura mediului ambiant, precum şi de alţi factori.

Monoxidul de carbon (CO) are un efect toxic asupra organismului deoarece, odată pătruns în sânge, se combină cu hemoglobina, formând carboxihemoglobina, ceea ce diminuează capacitatea sângelui de a transporta oxigenul în ţesuturi. Este un gaz inodor şi incolor, ceea ce îl face extrem de periculos. Chiar şi o proporţie de 0.3% (din volum) de CO în aer poate deveni fatală, dacă persistă peste 30 min. Din acest motiv este interzisă funcţionarea motoarelor cu ardere internă în interiorul camerelor închise sau halelor, dacă sistemul de ventilaţie nu este în funcţiune.

Apariţia monoxidului de carbon în gazele de eşapament are drept cauză principală arderea incompletă a carburantului, determinată în primul rând de insuficienţa oxigenului în amestecul proaspăt. De aceea, o dată cu sărăcirea amestecului proaspăt, concentraţia oxidului de carbon în gazele de evacuare creşte. Formarea oxidului de carbon, chiar atunci când se realizează un pronunţat exces de aer, este pusă pe seama interacţiunii, pe durata procesului de ardere a unor factori termodinamici şi cinetici complecşi.

În gazele de evacuare se găsesc atât *hidrocarburi nearse*, provenite din cele existente în combustibil (datorită fenomenelor de stingere a flăcării sau de dispersie ciclică), cât şi *hidrocarburi de sinteză* (formate în timpul arderii). Mirosul specific gazelor eşapate, mai ales la motoarele Diesel, este provocat tocmai de unele din aceste hidrocarburi care se sintetizează în timpul arderii. Concentraţiile fracţiunilor care sunt responsabile de mirosul caracteristic neplăcut sunt extrem de reduse şi deocamdată nu sunt puse la punct metodele de determinare. Hidrocarburile au miros neplăcut, iar cele aromatice, cu greutăţi moleculare ridicate, sunt cancerigene. Ca substanţe poluante secundare, au rolul principal în formarea smogului fotochimic.

Oxizii de azot (NO*x*) degajaţi de motoarele cu ardere internă sunt de asemenea fără culoare, fără miros şi fără gust. În prezenţa oxigenului atmosferic se transformă rapid în bioxid de azot (NO_2), de culoare brun - roşcat, cu miros înţepător, ce cauzează iritaţii pronunţate ale sistemului respirator şi ale ochilor. Întrucât bioxidul de azot distruge ţesutul pulmonar, acest gaz este dăunător sănătăţii când apare în concentraţii ridicate, provocând crize acute suferinzilor de astm sau bronşite.

Mecanismul apariţiei oxizilor de azot în gazele arse nu este complet elucidat. Acesta constă, în principiu, în oxidarea azotului la temperaturile şi presiunile ridicate atinse în momentul arderii. Oxizii de azot participă la procesul de formare al smogului fotochimic.

La originea particulelor solide răspândite în atmosferă de către automobile se află plumbul şi fosforul din carburant, carbonul provenit din cracarea sau polimerizarea unor hidrocarburi, unii compuşi metalici ce intră în componenţa aditivilor introduşi în ulei, particulele de oxizi de fier din canalizaţia de eşapament.

Scanned with OKEN Scanner

Fumul este caracteristic motoarelor cu aprindere prin comprimare. În funcţie de sarcină, motorul Diesel emite fum alb, albastru sau negru. Cel alb apare la pornirea la rece, cel albastru la mersul în gol sau la sarcini mici, iar fumul negru este emanat la sarcini mari, mai ales când regimul termic al motorului este ridicat. În compoziţia fumului intră particule solide şi aerosoli lichizi cu diametre în jur de 1 μm.

Din analiza poblemelor legate de poluarea mediului se pot trage anumite concluzii:

– componentele poluante apar din condiţii contradictorii relativ la formarea amestecului (dozaj);

– regimurile dinamice accentuează tendinţa motorului de a polua mediul, ceea ce ridică probleme însemnate în cazul circulaţiei în trafic aglomerat;

– reducerea poluării necesită utilizarea unor tehnici de control extrem de precise şi de rafinate, ceea ce impune controlul electronic;

– cele mai bune performanţe în prezent se obţin prin utilizarea catalizatorilor pe circuitul gazelor de evacuare, tehnică ce impune un control extrem de riguros al dozajului.

Scanned with OKEN Scanner

2

STRUCTURI DE CONTROL AL MOTOARELOR CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

2.1. STRUCTURI CLASICE DE CONTROL

O analiză eficientă a performanţelor motoarelor trebuie să aibă în vedere modul în care este structurat sistemul de control al alimentării cu combustibil şi al aprinderii. Dacă până de curând controlul era practic asigurat de sisteme de reglaj mecanice (cu toate limitările lor specifice), în ultima perioadă se remarcă o dezvoltare spectaculoasă a sistemelor electronice.

Pentru a studia modalităţile de perfecţionare în continuare a sistemelor electronice de control al injecţiei de benzină şi al aprinderii sunt necesare o sistematizare şi o analiză comparativă a soluţiilor existente.

O primă structură - bloc de motor cu aprindere prin scânteie este prezentată în fig. 2.1.

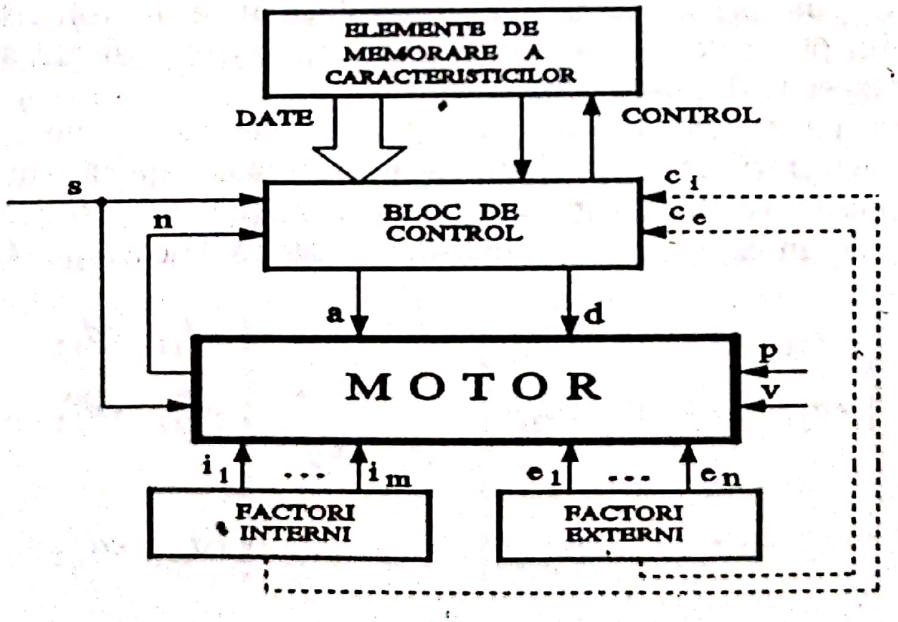


Figura 2.1

Acest tip caracterizează motoarele cu carburator, sistemele de injecţie mecanică şi injecţia electronică de benzină fără control în buclă închisă λ şi de

Scanned with OKEN Scanner

control al detonaţiei. Mărimile specifice ce apar sunt următoarele: s – sarcină; n – turaţie; a – avans la aprindere; d – dozaj carburant; p – factori poluanţi (gaze de evacuare); v – vibraţii (specifice detonaţiei); $i_1 \ldots i_m$ – parametri interni; $e_1 \ldots e_n$ – parametri externi; c_e – mărimi de corecţie a influenţei parametrilor externi; c_i – mărimi de corecţie a influenţei parametrilor interni.

Dacă ne referim la controlul electronic existent în prezent, conform încadrării enunţate iniţial, pentru fig. 2.1 în regim stabilizat şi condiţii standard de funcţionare avansul $a_m=f_a\,(s,n)$ şi dozajul $d_m=f_d\,(s,n)$ pot fi considerate ca fiind memorate sub forma unor matrice, A respectiv D, având dimensiunile $s_1 \times n_1$ şi respectiv $s_2 \times n_2$.

$$A = \begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} & \ldots & a_{1s_1} \\ a_{21} & a_{22} & \ldots & a_{2s_1} \\ & \ldots & & \\ a_{n_1 1} & a_{n_1 2} & \ldots & a_{n_1 s_1} \end{Vmatrix} \qquad D = \begin{Vmatrix} d_{11} & d_{12} & \ldots & d_{1s_2} \\ d_{21} & d_{22} & \ldots & d_{2s_2} \\ & \ldots & & \\ d_{n_2 1} & d_{n_2 2} & \ldots & d_{n_2 s_2} \end{Vmatrix}$$

Mărimile sunt cuantificate, respectând condiţiile: a_{ij} şi $d_{ij} \in N$.

Mărimile de control ce acţionează asupra motorului, notate a_c şi d_c, rezultă pe baza relaţiilor analitice:

$$a_c = a_m \cdot U_a ,$$
$$d_c = d_m \cdot U_d ,$$

unde U_a şi U_d sunt mărimi unitare specifice blocului de control, astfel încât a_c şi d_c sunt din punct de vedere dimensional mărimi echivalente avansului la aprindere, respectiv dozei de benzină.

Pentru un regim staţionar, dar pentru alte valori ale parametrilor determinaţi de factorii interni şi externi, apare necesitatea aplicării unor corecţii. Uzând de acelaşi formalism matematic, aceste corecţii pot fi exprimate (în cazul când acestea au un caracter aditiv) prin două matrice de corecţie C_a, C_d:

$$C_a = \begin{Vmatrix} ca_{11} & ca_{12} & \ldots & ca_{1s_1} \\ ca_{21} & ca_{22} & \ldots & ca_{2s_1} \\ & \ldots & & \\ ca_{n_1 1} & ca_{n_1 2} & \ldots & ca_{n_1 s_1} \end{Vmatrix} \qquad C_d = \begin{Vmatrix} cd_{11} & cd_{12} & \ldots & cd_{1s_2} \\ cd_{21} & cd_{22} & \ldots & cd_{2s_2} \\ & \ldots & & \\ cd_{n_2 1} & cd_{n_2 2} & \ldots & cd_{n_2 s_2} \end{Vmatrix}$$

Aceste matrice de corecţie vor fi utilizate pentru prelucrarea mărimilor memorate A, respectiv D. Generarea mărimilor de control *folosite* va fi realizată de relaţii similare cazului precedent, în care însă apar matricele; A_f pentru avansul la aprindere, respectiv D_f pentru doza de benzină.

Scanned with OKEN Scanner

$$A_f = A + C_a \quad , \quad D_f = D + C_d \; ;$$

deci

$$a_f = (a_m + c_a) \cdot U_a \quad , \quad d_f = (d_m + c_d) \cdot U_d \; .$$

Valorile elementelor din matricele de corecţie apar ca funcţii de tipul:

$$c_a = f_{ca}(s, n, i_1, i_2, ..., i_m, e_1, e_2, ..., e_n) \; ;$$

$$c_d = f_{cd}(s, n, i_1, i_2, ..., i_m, e_1, e_2, ..., e_n) \; .$$

Dacă se doreşte o corecţie de bună calitate, parametrii ce descriu factorii interni şi cei externi se cuantifică într-un anumit număr de trepte, alese din considerente practice. Fie q acest număr. Apar, prin urmare, N_c combinaţii posibile ale parametrilor, unde

$$N_c = C_{q(n+p)}^{n+p}$$

Aşadar, apare un necesar de memorie pentru corecţia avansului la aprindere de N_a locaţii, iar pentru corecţia dozajului, de N_d locaţii, unde:

$$N_a = n_1 \cdot s_1 \cdot C_{q(n+p)}^{n+p} \; ; \qquad N_d = n_2 \cdot s_2 \cdot C_{q(n+p)}^{n+p} \; .$$

Având în vedere valorile practice ale capacităţilor de memorie (caracteristicile standard statice) - pentru avans $n_1 \cdot s_1$, respectiv pentru dozaj $n_2 \cdot s_2$ - rezultă necesităţi de memorie extrem de mari.

Valorile ce s-ar înscrie în aceste memorii ar impune un număr extrem de mare de rezultate experimentale, obţinute prin probe de stand, uneori în condiţii extrem de dificil de realizat (combinaţii posibil să apară practic, dar foarte dificil de menţinut pe durata unor experimente în mediu artificial).

Prin urmare, pe baza acestor principii de control pentru toate regimurile staţionare posibile, mărimile finale utilizate pentru controlul motorului a_{sf} şi d_{sf} au forma:

$$a_{sf_{ij}} = a_{sf_{ij}}(s, n, i_1, i_2, ..., i_m, e_1, e_2, ..., e_n) \; ,$$

$$i = 1,2,...,n_1 \; , \quad j = 1,2,...,s_1 \; ;$$

$$d_{sf_{ij}} = d_{sf_{ij}}(s, n, i_1, i_2, ..., i_m, e_1, e_2, ..., e_n) \; ,$$

$$i = 1,2,...,n_2 \; , \quad j = 1,2,...,s_2 \; .$$

În regim staţionar şi condiţii standard de funcţionare nu apar diferenţe notabile între performanţele realizate de aceste sisteme. Deosebirile sunt dictate

Scanned with OKEN Scanner

practic numai de dispersia tehnologică de realizare a motorului şi a blocului de control (în limitele de 3% la motoarele cu carburator [53] şi 1% la motoarele cu injecţie [3]). Analiza chimică a gazelor de evacuare nu evidenţiază deosebiri notabile, iar tendinţa de detonaţie pentru reglaje iniţiale corecte este eliminată.

Analiza efectuată se poate aplica şi în cazul regulatoarelor mecanice (analogice), considerând un anumit pas de cuantificare a caracteristicilor, folosind un anumit criteriu, cum ar fi, de exemplu, unul ce ţine seama de erorile tehnologice de realizare.

Schema din fig. 2.1 corespunde unui sistem în buclă deschisă; o reacţie negativă (de stabilizare a sistemului) poate fi considerată totuşi dacă se ţine seama de reglajele (manuale) periodice efectuate, însă, din afara sistemului, de operatorul uman (cum ar fi reglarea amestecului, a avansului iniţial la aprindere). Evident că reglajele periodice îmbunătăţesc performanţele, dar acestea sunt, strict vorbind, de conjunctură. Deriva performanţelor se va înscrie în limitele tehnologice de realizare a elementelor.

În ceea ce priveşte analiza regimurilor staţionare la care însă apar abateri ale parametrilor de stare faţă de condiţiile standard se pot evidenţia anumite corecţii ce se pot realiza după factorii interni sau externi (cu ajutorul semnalelor c_i şi c_e din fig. 2.1). Evident, acurateţea corecţiilor va fi mult mai bună la sistemele electronice (de injecţie sau carburator electronic), graţie posibilităţilor mult mai mari de prelucrare a semnalelor electrice furnizate de traductoare. Prelucrarea semnalelor şi adaptarea sistemului vor fi asigurate pe baza unor algoritmi adecvaţi şi de o complexitate corespunzătoare situaţiei. Sistemele pur mecanice au posibilităţi mult mai reduse din cauza lipsei de flexibilitate a structurilor (se poate exemplifica cu şocul automat cu lamelă bimetalică ce asigură o îmbogăţire a amestecului la pornire, dar de o manieră aproximativă, prin exces).

Criteriile pe baza cărora se determină caracteristicile statice implementate în memoria sistemelor sunt:

- pentru dozaj:
  - economicitatea;
  - economicitatea şi reducerea poluării;
  - reducerea poluării;
  - reducerea poluării şi economicitatea.
- pentru avansul la aprindere:
  - evitarea detonaţiei;
  - reducerea poluării;
  - putere maximă (pentru un dozaj dat).

Menţinerea performanţelor iniţiale se face în aceste cazuri pe seama reglajelor periodice.

Se poate deduce din aceste observaţii că principalul neajuns al structurii din fig. 2.1 este lipsa unor bucle de reacţie negativă cu efect stabilizator. Din acest motiv s-au elaborat alte structuri de control care să includă în buclele de reacţie negative informaţii despre dozaj (parametrul λ) şi avans la aprindre (prezenţa detonaţiei).

Scanned with OKEN Scanner

2.2. STRUCTURI DE CONTROL ÎN BUCLĂ ÎNCHISĂ

Prezenţa buclelor de reacţie negativă permite menţinerea, în mod automat, a performanţelor motoarelor în limitele tehnologice asigurate de sistem pe toată durata de (bună) funcţionare. Problema buclelor de reacţie a fost formulată cu acuitate o dată cu schimbarea priorităţilor la formarea amestecului (dozaj), de la economicitate către reducerea poluării. Realizarea dozajului cu o eroare maximă de 1% faţă de amestecul stoichiometric constituie o condiţie obligatorie pentru funcţionarea eficientă a convertorului catalitic cu trei căi. Un sistem în buclă deschisă nu poate realiza practic (atât din considerente tehnice, cât şi economice) o astfel de performanţă. Din punctul de vedere al reglării avansului la aprindere criteriul de optimizare, respectiv de stabilizare a răspunsului îl constituie funcţionarea la limita de detonaţie, când randamentul motorului atinge un maxim.

Pentru creşterea performanţelor motoarelor s-a trecut la o structură de control de tipul celei prezentate în fig. 2.2.

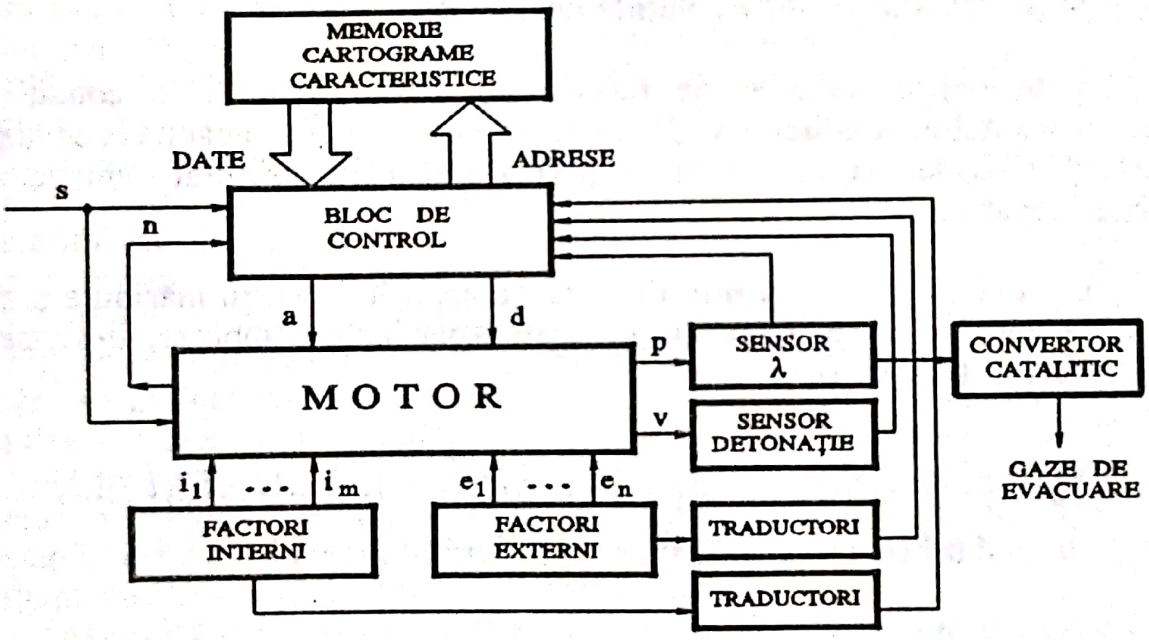


Figura 2.2

Evident că aceste structuri nu pot fi realizate decât cu sisteme electronice de control (cu injecţie sau carburator electronic). Faţă de structura din fig. 2.1 mai apar semnalele: λ – semnal despre dozaj (furnizat de sonda Lambda); z – semnal de la sensorul de detonaţie.

Superioritatea în regim staţionar a structurii din fig. 2.2 faţă de cea din fig. 2.1 se evidenţiază în primul rând când apar abateri ale parametrilor de stare faţă de valorile ce corespund condiţiilor standard de funcţionare. Ca urmare a schimbării pearametrilor de stare se va modifica şi răspunsul sistemului (motorului), modificările fiind puse în evidenţă de sensorii λ şi de detonaţie. Semnalele de la aceşti sensori, fiind incluse în bucle de reacţie negativă, vor determina variaţii compensatoare, de semn contrar, care să asigure revenirea

Scanned with OKEN Scanner

mărimilor a şi d la valori care să satisfacă criteriile de funcţionare (dozaj cu $\lambda = 1 \pm 1\%$ şi avans corespunzător funcţionării la limita de detonaţie). Modificarea mărimilor de control din sistem se face discret, practic prin incrementări şi decrementări ale mărimilor a şi d, ceea ce are ca efect variaţii prin trepte de valoare U_a, respectiv U_d ale avansului la aprindere şi ale dozajului. Pentru a facilita sarcina menţinerii condiţiilor de bună funcţionare, corecţiile pot acţiona direct în memoria cartogramelor caracteristice, modificând valorile existente în sensul de a le apropia cât mai mult de valorile reale necesare. Se realizează practic o structură de sistem adaptiv, ce relaxează „efortul" buclelor de reacţie. În regim staţionar un sistem adaptiv de acest tip va converge către valorile reale necesare, evoluând în limitele erorilor de cuantificare ($\pm$ 1/2 U_a, $\pm$ 1/2 U_d).

Există posibilitatea de a desprinde următoarele concluzii din analiza regimurilor staţionare:

- în regim staţionar de funcţionare a motorului şi condiţii standard de funcţionare nu se pot pune practic în evidenţă deosebiri esenţiale între structuri şi în cadrul structurilor între soluţiile tehnologice

- în regim staţionar de funcţionare a motorului şi în condiţii de funcţionare stabile, dar descrise de parametri cu valori ce se abat de la condiţiile standard, sistemele cu reacţie sunt superioare, datorită efectului stabilizator al reacţiei negative.

La funcţionarea în **regim dinamic** (tranzitoriu), pentru mărimile reglate avans la aprindere, respectiv dozaj, apar dependenţe complexe, descrise de ecuaţii diferenţiale de tipul:

$$F_a(s,\dot{s},\ddot{s},\dots,n,\dot{n},\ddot{n},\dots,i_1,\dot{i}_1,\ddot{i}_1,\dots,i_2,\dot{i}_2,\ddot{i}_2,\dots,\dots,i_m,\dot{i}_m,\ddot{i}_m,\dots,$$
$$e_1,\dot{e}_1,\ddot{e}_1,\dots,e_2,\dot{e}_2,\ddot{e}_2,\dots,\dots,e_n,\dot{e}_n,\ddot{e}_n,\dots,t) = 0 ;$$

$$F_d(s,\dot{s},\ddot{s},\dots,n,\dot{n},\ddot{n},\dots,i_1,\dot{i}_1,\ddot{i}_1,\dots,i_2,\dot{i}_2,\ddot{i}_2,\dots,\dots,i_m,\dot{i}_m,\ddot{i}_m,\dots,$$
$$e_1,\dot{e}_1,\ddot{e}_1,\dots,e_2,\dot{e}_2,\ddot{e}_2,\dots,\dots,e_n,\dot{e}_n,\ddot{e}_n,\dots,t) = 0 .$$

Chiar dacă ţinem seama că variaţiile se manifestă în jurul unor valori bine determinate şi în aceste condiţii liniarizăm ecuaţiile, apare ca evident faptul că simularea la stand şi memorarea tuturor valorilor pentru avans la aprindere şi dozaj corespunzătoare tuturor tipurilor de dependeţe ce pot apărea este (tehnic) practic imposibilă, iar economic extrem de costisitoare. Ca urmare, sistemele actuale se bazează pe anumite simplificări: reducerea ordinului de dependenţă, eliminarea unor variabile, care în final vor permite totuşi încadrarea erorilor dinamice între anumite limite şi la un nivel rezonabil de cost şi complexitate.

Scanned with OKEN Scanner

Îmbunătăţirea răspunsului dimamic elimină din start soluţiile mecanice, bazate pe regulatoare lente (de exemplu, regulatorul centrifugal ce are caracteristică integratoare) şi cu precizie scăzută.

O caracteristică specifică motoarelor cu injecţie intermitentă este aceea că timpul apare ca o mărime cuantificată (alimentarea prin acţionarea injectoarelor şi aprinderea se fac la anumite momente de timp, urmate de pauze). Această caracteristică poate fi exploatată în mod corespunzător prin utilizarea regulatoarelor electronice. Acestea asigură viteze de răspuns ridicate. Problema este ca, în timpul dintre două comenzi succesive, blocul de comandă să poată determina valorile mărimilor de comandă cu erori dinamice cât mai reduse.

În aceste condiţii apar evidente trăsăturile unui reglaj dinamic ideal:

- timpul de răspuns egal cu pauza dintre două comenzi succesive;
- erorile dinamice de fixare a avansului şi dozajului în limitele erorii de cuantificare ($\pm$ 1/2 U_a, $\pm$ 1/2 U_d).

Compararea răspunsului dinamic al diferitelor variante de motoare evidenţiază clar superioritatea injecţiei de benzină multipunct, discontinuă şi cu bucle de reacţie negative. Buclele de reacţie asigură stabilizarea valorilor de regim staţionar şi prin aceasta reducerea erorilor dinamice (cel puţin în faza iniţială a regimului tranzitoriu). Afirmaţia are un grad înalt de valabiltate practică, întrucât motorul funcţionează în cea mai mare parte a timpului în regim cvasistaţionar. Totuşi, erorile dinamice nu vor putea fi menţinute mult timp în limitele erorilor de cuantificare, deoarece mecanismul reacţiei lucrează cu mărimi cuantificate, putând varia mărimile reglate cu cel mult o treaptă de cuantificare la o cuantă de timp. La modificări rapide apar erori de neurmărire. La sfârşitul procesului tranzitoriu motorul va trece într-un nou regim stabilizat, pentru care reacţia va asigura convergenţa mărimilor de control spre mărimile ideale. Asigurând minimizarea erorilor iniţiale de regim staţionar, sistemele adaptive vor avea şi un răspuns dinamic bun. Totuşi, vor apărea abateri de la codiţiile impuse unui răspuns dinamic ideal, având în vedere că funcţionarea sistemelor adaptive se bazează pe un algoritm validat în principal prin repetabilitatea unui anumit răspuns. Aceasta impune un anumit număr de cuante de timp, deci o anumită întârziere a răspunsului.

Aşa după cum s-a precizat, reducerea nivelului de poluare a gazelor de evacuare fixează extrem de restrictiv dozajul la valoarea $\lambda = 1 \pm 1\%$. În regim staţionar controlul λ în buclă închisă realizează (relativ) uşor această condiţie. În aceste situaţii convertorul catalitic are eficienţă maximă şi nivelul poluării este minim. Prin urmare, utilizând convertor catalitic, reducerea în continuare a nivelului poluării se poate face numai prin îmbunătăţirea răspunsului dinamic. Problema este deci de maxim interes, cu atât mai mult cu cât motoarele funcţionează mai mult în regim dinamic în cazul circulaţiei în oraşe, unde se pune şi problema poluării. Apare chiar un concurs de împrejurări nefavorabil, poluarea crescând cu numărul de automobile, iar numărul mare de automobile impunând un regim dinamic de funcţionare mai pronunţat al motoarelor, datorită dificultăţilor din trafic. Prin urmare, îmbunătăţirea răspunsului dinamic impune o altă concepţie de sistem, care în esenţă trebuie să permită anticiparea comportării la modificarea condiţiilor de funcţionare.

Scanned with OKEN Scanner

Necesitatea în creştere de menţinere a parametrilor funcţionali în interiorul unor limite rezonabile a impus realizarea unui volum semnificativ de cercetări în domeniul sistemelor de control în timp real [52].

Majoritatea aplicaţiilor de timp real implică elemente şi sarcini specifice în ceea ce priveşte traductoarele, elementele de interfaţă şi arhitecturile, precum şi algoritmii şi programele.

Controlul computerizat de timp real al proceselor implică următoarele cerinţe:

– menţinerea sistemului între anumite limite prestabilite;
– mijloace de control efectiv în condiţii critice sau în prezenţa erorilor.

Din acest punct de vedere, controlul vehiculelor rutiere este o aplicaţie de timp real de o complexitate extrem de ridicată [14].

2.3. STRUCTURI EVOLUATE DE CONTROL

Vehiculele cu motor aflate în funcţionare sunt puternic dependente de mediul înconjurător (condiţii meteo şi de trafic, conducător, sisteme de comunicaţii etc.) şi prin urmare controlul lor trebuie realizat, pe de o parte, pe baza câtorva parametri previzibili (sau estimaţi), iar, pe de altă parte, pe baza unor condiţii imprevizibile sau întâmplătoare privind traficul, vremea, erorile operatorului, hazardul.

Decizia finală a controlerului trebuie să fie (în mod ideal) de tip uman; de exemplu, acţiunile controlerului trebuie să depindă de structura lui internă, de informaţiile externe, de experienţa dobândită anterior şi de antrenament.

Un motor cu ardere internă, acţionând un vehicul, în mişcare, impune o unitate centrală de control, capabilă să furnizeze parametrii de operare pentru funcţionare optimală a motorului, în combinaţie cu o interacţiune rezonabilă cu mediul înconjurător.

Un controler pe bază de reguli trebuie să permită sistemului:

– să interacţioneze cu mediul înconjurător;
– să schimbe anumiţi parametri interni ca urmare a interacţiunilor;
– să răspundă în mod diferenţiat mediului înconjurător datorită acestor schimbări.

Aceste aşa-numite „controlere cu învăţare“ sunt capabile să se autoorganizeze, de exemplu, au capacitatea să-şi schimbe parametrii interni încât să achiziţioneze noi cunoştinţe, cunoştinţa fiind privită ca un corp de date-obiect conectate, organizate într-o formă reprezentativă (de exemplu reguli) ce pot fi executate sau aplicate în anumite scopuri [33].

Acţionând într-un cadru corespunzător de reguli, un astfel de controler poate lua cea mai bună decizie, cu cea mai mică întârziere posibilă.

Etajul supervizat de antrenare a unui astfel de sistem impune prezenţa unui „profesor“, care intervine în mod succesiv şi operează corecţii de structură. De asemenea, necesită mijloace de generare a informaţiilor pentru „profesor“.

Achiziţia de cunoştinţe pentru instruirea controlerelor de timp real necesită explorarea sistemelor complexe, interacţionând în mod permanent.

Scanned with OKEN Scanner

Schema-bloc a unui sistem experimental pentru generarea bazei de cunoştinţe la motoare cu injecţie de benzină este prezentată în fig. 2.3.

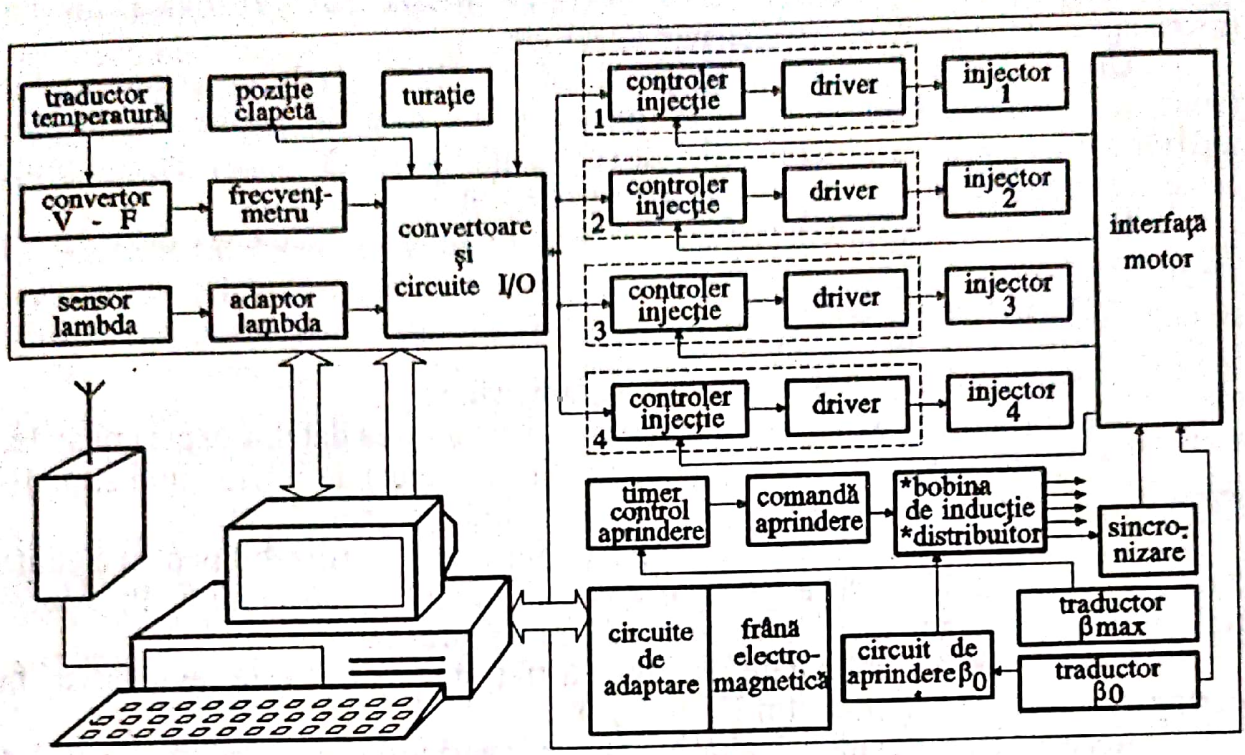


Figura 2.3

De asemenea, modelarea teoretică pe calculator necesită în mod uzual încercări experimentale practice, recurgându-se la analiza experimentală a sistemului.

Simularea condiţiilor de mediu convenţional pentru astfel de motoare impune un stand experimental controlat de calculator [12], [43], permiţând controlul pentru:

– sarcina motorului (frână electromagnetică, dispozitiv de control al poziţiei clapetei de acceleraţie, circuite de adaptare [21]);
– turaţia motorului;
– injecţia de benzină (controlere pentru injecţie, circuite driver, injectoare pentru benzină [19]);
– aprindere (timer de control al aprinderii, etaj de ieşire, traductor şi circuite pentru aprindere pe avans zero – β_0, traductor pentru avans maxim β_{max}, bobină de inducţie, distribuitor de înaltă tensiune [20]).

Achiziţia datelor primare a fost realizată cu ajutorul traductoarelor specifice, proiectate pentru a da informaţii asupra unor parametri cum ar fi:

– turaţia motorului [22];
– poziţia clapetei de acceleraţie [23];
– unghiul de avans la aprindere (traductor β_{max}) [22];
– dozajul aer/benzină (sensor lambda);[13]
– punctul mort interior (traductor β_0) [22];

Scanned with OKEN Scanner

– fazele de lucru ale motorului [22];
– temperatură (aer, lichid de răcire, benzină, gaze de evacuare etc.);
– presiune (în galeria de admisie, benzină etc.).

Circulaţia informaţiilor şi procesarea locală sunt realizate de un microcalculator prevăzut cu interfeţe specifice.

Un nivel mai înalt de achiziţie al informaţiilor, de la un sistem mobil (cum ar fi automobile în mers în mediu real), este de asemenea posibil, utilizând o interfaţă de comunicaţii radio de înaltă frecvenţă cu calculatorul [43], aceasta permiţând o corecţie de fineţe a cunoştinţelor.

Dezvoltarea acestor interfeţe specifice impune de asemenea dezvoltarea de software utilizator:

– programe de achiziţie;
– programe de comandă-control;
– programe de supraveghere a parametrilor;
– programe de extragere a regulilor la prelucrarea datelor experimentale.

Utilizând acest sistem, se pot studia diferite tipuri de interacţiuni stimuli-răspuns, obţinând ca urmare o bază de cunoştinţe de prim nivel.

Aceste date generează un potenţial de informaţii, utilizabil pentru a emite deducţii prezivibile despre comportarea ulterioară a sistemului în zonele neexplorate ale lumii înconjurătoare reale în transformare.

Gradul de complexitate a unor astfel de relaţii este evidenţiat în cartogramele caracteristice din fig 8.1 şi 8.2.

Această complexitate înaltă precum şi restricţiile în abordarea analitică a unor astfel de sisteme reale justifică dezvoltarea controlerelor cu învăţare de reguli.

Structura-bloc a motorului cu control evoluat pe bază de reguli este prezentată în fig. 2.4.

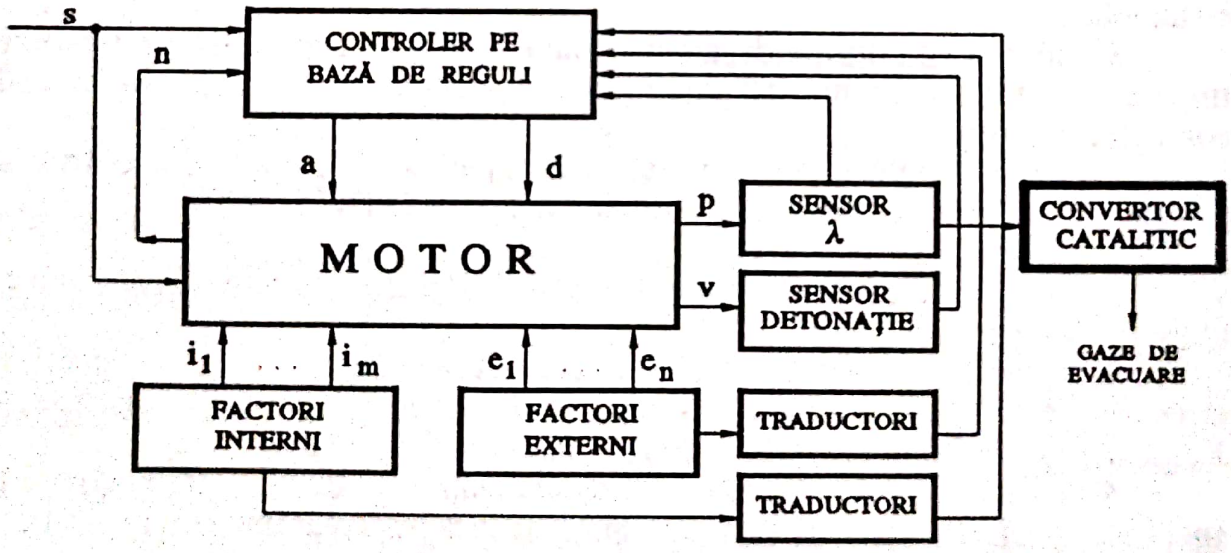


Figura 2.4

Se observă, în principal, înlocuirea grupului – bloc de control – memorie cartograme caracteristice din fig. 2.2 – cu un controler pe bază de

Scanned with OKEN Scanner

reguli. Informaţia înmagazinată iniţial în memoria acestui controler se referă la o caracteristică tipică a motorului din gama respectivă. Informaţiile au fost obţinute în prealabil pe baza unor probe la un stand de încercări specializat. Controlerul poate „învăţa" în faza de probe de stand cu atât mai mult cu cât i se oferă mai multe situaţii de funcţionare distincte. Din acest punct de vedere apare ca necesară efectuarea de probe la standul climatic. Oricum, sistemul nu poate fi antrenat pentru toate situaţiile posibile în care va fi pus în cazul funcţionării reale. Având în vedere faptul că răspunsul sistemului este cu atât mai corect cu cât a „învăţat" mai mult, rezultă că o cantitate mare de informaţii obţinute în probe de stand reprezintă o sursă de performanţe potenţiale. Aceste cunoştinţe dobândite prin antrenare vor acoperi un anumit domeniu, în interiorul căruia răspunsul sistemului va fi, în sensul criteriilor folosite pentru control, corect. În afara acestui domeniu răspunsul sistemului va avea un grad de corectitudine cu atât mai ridicat, cu cât condiţiile de funcţionare sunt mai apropiate de domeniul explorat anterior. Odată trecut prin puncte exterioare domeniului explorat anterior, controlerul va dobândi noi informaţii, va extrage reguli specifice şi îşi va extinde graniţele domeniului, constituindu-şi astfel un potenţial de control mai ridicat. În acest mod se va reduce în mod constant diferenţa dintre motorul real şi modelul său, construit pe bază de reguli. Cu cât sistemul de procesare va fi mai puternic şi mai rapid, cu atât modelul va fi mai exact şi mai apropiat în timp de obiectul modelării.

Având în vedere că motorul va avea o anumită evoluţie în timp a caracteristicilor sale dictată de uzură, calitatea carburantului, a lubrifianţilor, condiţii de mediu şi de exploatare, controlerul pe bază de reguli se va apropia de caracteristica reală a motorului de la un moment dat, urmărind modificările. O calitate suplimentare a unui astfel de sistem, pe baza capacităţii de anticipare, poate fi şi diagnoza motorului, evitându-se astfel defecte majore, cu efecte secundare neplăcute. Astfel, se vor putea înlocui anumite componente ce se vor deteriora într-un viitor previzibil, înainte ca acest fapt să se producă, dar şi la un moment justificat din punct de vedere economic (pe baza unui criteriu de eficienţă). Rezultă deci şi o posibilă optimizare pe criterii economice a exploatării motorului, fapt ce nu este deloc de neglijat.

Problemele de optimizare ale controlerelor pentru motoare trebuie privite într-un context mai larg, de dezvoltare a echipamentelor electronice de control pentru automobile [11], [56], [57], [62]. Aceste echipamente devin din ce în ce mai complexe, necesitând tehnologii avansate şi concepţii noi în materie de testare [50], [28], [30], [6].

O altă cale de a îmbunătăţi performanţele motorului ţine seama că, de fapt, un motor cu aprindere prin scânteie este format dintr-un anumit număr de cilindri, a căror comportare nu poate fi identică în condiţii reale [6]. Diferenţele care apar sunt datorate limitelor tehnologice de realizare a elementelor ce concură la construcţia fiecărui cilindru. Abaterile tehnologice vor conduce la anumite deosebiri în ceea ce priveşte raportul de compresie, ungerea, etc. De asemenea, condiţiile de funcţionare, din punctul de vedere al factorilor interni sau externi, nu sunt identice. Această caracteristică poate fi foarte bine exemplificată prin condiţiile de răcire diferite ale cilindrilor. Astfel, pentru un

Scanned with OKEN Scanner

motor cu patru cilindri în linie cilindrii de pe capete (*1* şi *4*) vor fi mai bine răciţi decât cilindrii din interior (*2* şi *3*). În acest fel, pentru cilindrii *1* şi *4* se poate folosi un avans la aprindere mai mare, fără apariţia detonaţiei. De asemenea, controlul λ unic, prin analiza gazelor din colectorul de evacuare, asigură un răspuns aproximativ. Datorită condiţiilor de funcţionare diferite şi a îmbătrânirii cilindrilor şi a componentelor de alimentare se poate ajunge în situaţia în care un cilindru să polueze cu CO (funcţionând cu amestec bogat), iar altul cu NO_x (funcţionând cu amestec sărac), semnalul de la sonda unică λ, nereuşind să reechilibreze dozajul.

În aceste condiţii, este evident că soluţia o reprezintă utilizarea câte unui circuit de control pe fiecare cilindru. Se poate vorbi şi de o comportare globală a motorului, fără ca aceasta să fie constituită din simpla însumare a efectelor produse de cilindrii săi. Din acest mod de abordare a problemei rezultă că se pot extrage anumite reguli de funcţionare a motorului, ca rezultat al funcţionării cilindrilor, fără a considera modul propriu de reglare a mărimilor de control la fiecare dintre aceştia. Se poate astfel imagina o structură de control pe două niveluri:

– pe primul nivel; controlere pe baza de reguli pentru procesele ce au loc la nivelul fiecărui cilindru;

– pe al doilea nivel (superior); un controler pe bază de reguli ce coordonează motorul, privit ca un ansamblu de cilindri.

Structura-bloc a unui astfel de sistem de control este ilustrată în fig. 2.5.

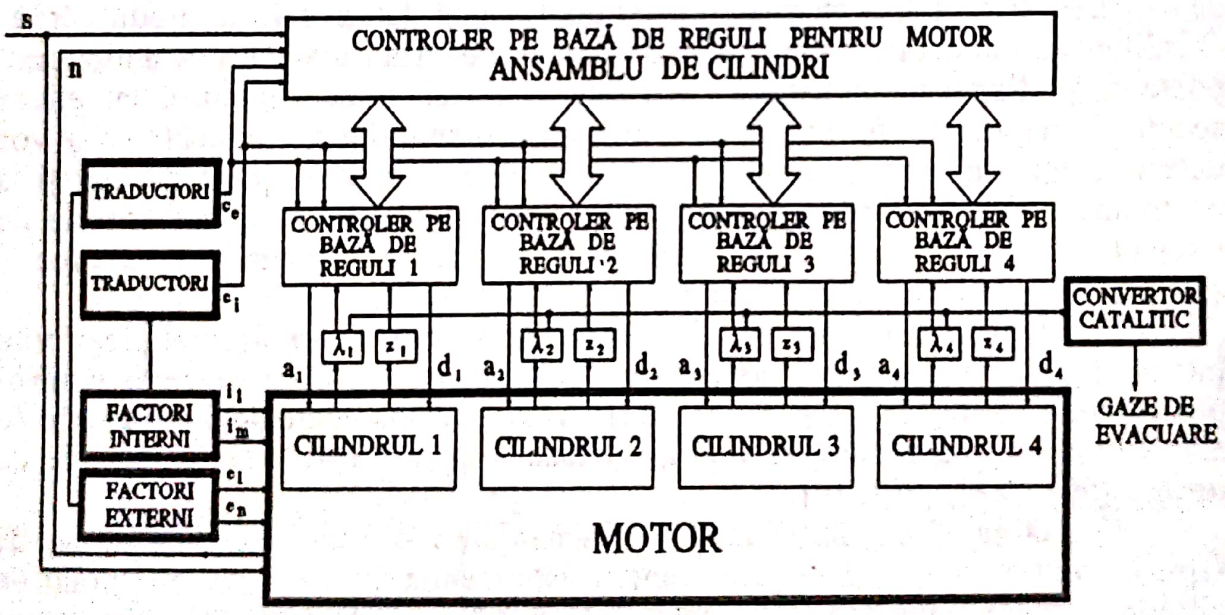


Figura 2.5

O astfel de structură ar putea asigura o anumită ierahizare a informaţiilor (regulilor). Astfel, regulile cu grad înalt de generalizare se vor implementa pe nivelul al doilea, determinând individualizarea cilindrilor în ansamblul reprezentat de motor, în timp ce regulile cu grad înalt de specificitate se vor

Scanned with OKEN Scanner

implementa pe primul nivel, asigurând optimizarea performanţelor fiecărui cilindru în parte. Se va putea asigura o sporire a vitezei de lucru globale, regulile generale fiind procesate simultan pentru toţi cilindrii, eliminând suprapunerile. Timpul astfel disponibilizat poate fi utilizat pentru executarea unor algoritmi specifici mai complecşi.

Evident că diagnoza cu un astfel de sistem de control va fi mai precisă, individualizând defectele la nivelul cilindrului.

Deşi este mai complex, deci mai scump, încă insuficient conturat din punct de vedere teoretic, un astfel de sistem va putea asigura, într-o perspectivă relativ apropiată, optimizarea atât a exploatării, cât şi a întreţinerii motoarelor, la un nivel de eficienţă şi subtiliate ce poate determina efecte tehnico-economice remarcabile.

Scanned with OKEN Scanner

3

UTILIZAREA INJECŢIEI DE BENZINĂ ÎN MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

3.1. INJECŢIA DE BENZINĂ ÎN MOTOARE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

Utilizarea injecţiei de benzină în motoarele cu aprindere prin scânteie a urmărit îmbunătăţirea performanţelor de putere şi consum, prin ameliorarea formării amestecului şi a umplerii cilindrilor, mai puţin eficiente la motoarele cu carburator. Restricţiile privind poluarea mediului de către gazele de ardere ale motoarelor cu aprindere prin scânteie au valorificat o particularitate a injecţiei de benzină: posibilitatea controlului dozajului din condiţia de reducere a emisiilor poluante din gazele de evacuare.

Datorită avantajelor prezentate, injecţia de benzină a fost aplicată cu succes încă din anii '30 în domeniul aviaţiei, [8], pe motoarele Daimler-Benz DB 601, DB 603 de 1000 şi, respectiv, 2500 CP. Apoi a pătruns şi în domeniul tracţiunii rutiere, în care motoarele cu aprindere prin scânteie deţineau întâietatea. La nivelul anului 1952, un motor de competiţie M 196 de 3 litri realiza deja performanţe deosebite de putere şi consum.

În prezent circulă în lume milioane de automobile alimentate prin injecţie de benzină.

Echipamentele de început pentru injecţia de benzină, puse la dispoziţie de firma Bosch, nu difereau esenţial de echipamentele pentru injecţia de motorină în motoare cu aprindere prin compresie. Problema cea mai delicată a acestor echipamente de injecţie o constituia ungerea cuplurilor de piese în frecare de pe traseul de înaltă presiune. Având în vedere calităţile antilubrefiante ale benzinei, ungerea trebuia asigurată printr-un circuit separat, ceea ce evident complica şi scumpea sistemul.

Abandonându-se această concepţie, echipamentele pentru injecţia benzinei în motoarele cu aprindere prin scânteie s-au adaptat cerinţelor de lubrifiere a cuplurilor de piese în frecare, locului în care se producea injecţia benzinei şi duratei injecţiei, apărând sisteme bazate pe soluţii specifice noi. Ca urmare au apărut echipamente de injecţie la care benzina nu vine în contact cu părţile echipamentului ce realizează presiuni înalte de injecţie, echipamente care permit introducerea benzinei direct în camera de ardere sau în galeria de admisie a

Scanned with OKEN Scanner

motorului, precum şi echipamente care permit injecţia continuă sau discontinuă a benzinei.

Principalele avantaje pe care le prezintă injecţia de benzină la motoarele cu aprindere prin scânteie, care au determinat dezvoltarea spectaculoasă a acestor sisteme de alimentare sunt [41]:

– pulverizarea foarte fină la toate regimurile de funcţionare. În special la regimurile de sarcină şi turaţie reduse această caracteristică surclasează net alimentarea cu carburator;

– uniformitatea sporită a dozei de benzină între cilindrii motorului, mai ales în situaţia în care injecţia se face individual, pentru fiecare cilindru. La motoarele cu carburator traseele de admisie au lungimi diferite, pe când în cazul injecţiei multipunct plasarea relativă a injectoarelor faţă de cilindri este practic identică;

– creşterea gradului de umplere a cilindrului cu 8 ... 12 % datorită rezistenţei gazodinamice reduse a traseului de admisie (prin eliminarea difuzorului carburatorului), lipsei încălzirii încărcăturii proaspete pentru vaporizarea benzinei (ceea ce asigură o densitate mai mare a amestcului). La injecţia directă în cilindru absenţa benzinei din încărcătura proaspătă permite o creştere semnificativă a gradului de umplere;

– creşterea puterii efective cu 10 ... 15 %, în special datorită îmbunătăţirii umplerii cilindrilor. Lipsa de încălzire a încărcăturii proaspete, răcirea suplimentară a amestecului aer-benzină şi a pereţilor camerei de ardere ca urmare a vaporizării, uniformitatea sporită a debitului de benzină între cilindrii motorului permit creşterea raportului de comprimare (cu până la o unitate), ceea ce contribuie de asemenea la creşterea puterii efective;

– scăderea consumului specific efectiv de combustibil cu o valoare de 12 ... 15 % datorită formării mai bune a amestecului aer-combustibil şi arderii mai eficiente a acestuia. În acest sens, este posibilă stratificarea amestecului şi arderea unor amestecuri sărace, precum şi obţinerea unei uniformităţi sporite a dozei de benzină între cilindrii motorului;

– reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare, ca urmare a posibilităţilor stratificării amestecului şi arderii amestecurilor sărace;

– ameliorarea comportării motorului, eliminarea fenomenului de givraj şi a rateurilor, precum şi reducerea înălţimii motorului cu 15 ... 25 cm prin lipsa carburatorului din instalaţia de alimentare.

Specific alimentării prin injecţie de benzină este corelarea debitului de benzină cu debitul de aer pentru toate regimurile caracteristice de funcţionare. Aceasta impune comanda simultană a organului de reglare a debitului de benzină şi a obturatorului, implicând complicaţii constructive. După cum s-a arătat, sunt utilizate procedee de reglare a debitului de benzină în funcţie de: poziţia obturatorului; depresiunea din galeria de admisie; debitul de aer aspirat.

În anumite condiţii specifice de funcţionare, cum ar fi accelerarea şi decelerarea (regimuri tranzitorii), îmbogăţirea amestecului la sarcină plină sau la mersul în gol, pornirea la rece etc., echipamentele trebuie să fie prevăzute cu dispozitive speciale care modifică debitul de benzină pentru a asigura adaptarea la cerinţele specifice. De asemenea, sunt prevăzute o serie de corecţii

Scanned with OKEN Scanner

ale debitului impuse de o serie de parametri, cum ar fi: temperatura lichidului de răcire, temperatura uleiului de ungere, presiunea atmosferică etc.

Pentru realizarea unui sistem de injecţie de benzină se utilizează elemente constructive de tip mecanic, electric, electromecanic şi electronic.

Primele sisteme de alimentare prin injecţie utilizau elemente de control de tip mecanic, în timp ce în ultima vreme, datorită superiorităţii clare, s-au impus sistemele electronice de control.

3.2. INSTALAŢII DE ALIMENTARE PRIN INJECŢIE DE BENZINĂ CU REGULATOARE MECANICE

Primele sisteme de alimentare prin injecţie de benzină cuprindeau următoarele elemente [8], [41]:

- rezervorul;
- pompa de alimentare (electrică);
- filtrul;
- pompa de injecţie;
- distribuitoarele;
- injectoarele.

Pompa de injecţie are sarcina de dozare a debitului de benzină şi de realizare a presiunii necesare pulverizării cât mai fine a acesteia. Injectoarele servesc la pulverizarea benzinei în camera de ardere sau în galeria de admisie a motorului. Distribuitoarele repartizează benzina între injectoare (în cazul injecţiei continue).

Reglarea debitului de benzină, în concordanţă cu regimul de funcţionare a motorului, se realizează, corelat cu debitul de aer aspirat, printr-o pârghie antrenată mecanic de obturatorul plasat pe traseul de admisie. Pompa de injecţie este prevăzută cu un regulator de turaţie. În acest mod se poate controla debitul de benzină în funcţie de sarcină şi turaţie.

Principalele dezavantaje ale acestei soluţii sunt: complexitatea mai mare, intreţinerea calificată, cheltuielile de reparaţie sporite, ungerea cuplurilor de piese în frecare ale echipamentului de injecţie. Toate acestea au limitat, la început, răspândirea instalaţiilor de alimentare prin injecţie de benzină.

Pentru înlăturarea acestor neajunsuri, cercetările în domeniul instalaţiilor de alimentare prin injecţie de benzină au fost orientate în două direcţii: instalaţii de joasă presiune, la care presiunea de injecţie este de 2 ... 5 daN/cm şi instalaţii de înaltă presiune, la care presiunea de injecţie depăşeşte 40 daN/cm.

Echipamentele de injecţie de joasă presiune realizează injecţia în colectorul sau galeria de admisie (în poarta supapei de admisie) şi de regulă sunt concepute pentru injecţia continuă a benzinei. Echipamentele de acest tip sunt mai simple şi mai ieftine. S-au realizat şi echipamente de joasă presiune construite pentru injecţia discontinuă a benzinei în poarta supapei de admisie sau în cilindrul motorului; acestea sunt mai complexe, dar mai eficiente.

Instalaţiile de înaltă presiune realizează injecţia discontinuă a benzinei direct în cilindrii motorului, ceea ce asigură o eficienţa maximă a procesului de injecţie.

Scanned with OKEN Scanner

3.3. UTILIZAREA INJECŢIEI ELECTRONICE ÎN MOTOARELE CU APRINDERE PRIN SCÂNTEIE

Echipamentele de injecţie destinate motoarelor cu ardere internă trebuie să asigure: presiuni suficient de mari ale combustibilului, necesare pulverizării fine a acestuia; dozarea precisă a cantităţii de combustibil pe ciclu; declanşarea controlată a injecţiei; introducerea combustibilului în cilindrul motorului sau în colectorul de admisie şi pulverizarea acestuia; distribuţia cât mai uniformă a combustibilului între cilindrii motorului.

Prin implicarea într-o mai mică sau mai mare măsură le realizarea acestor condiţii, s-au dezvoltat echipamentele electronice de injecţie. Elementele de bază utilizate în acest sens sunt *unităţile electronice de comandă şi control*, *traductoarele de măsurare mecano-electrice* şi *elementele de execuţie* care transformă semnalele electrice în mărimi mecanice. Progresele tehnologice remarcabile din electronică au permis realizarea unor echipamente cu grad ridicat de complexitate, de mare precizie şi cu o fiabilitate deosebită. În domeniul unităţilor de control s-a impus controlul computerizat, bazat pe microprocesoare.

Asigurarea presiunii necesare pulverizării fine a combustibilului este realizată cu ajutorul pompelor de injecţie sau al pompelor de alimentare. Aceste pompe sunt antrenate cu ajutorul unor motoare electrice alimentate de la bateria de acumulatoare. În acest caz, motorul electric poate fi comandat de către unitatea electronică de comandă şi control, ceea ce asigură un grad sporit de securitate al echipamentului de alimentare (de exemplu, în cazul unor accidente, se opreşte furnizarea de benzină).

Combustibilul poate fi dozat în diferite moduri. Astfel, se poate controla debitul de benzină la admisiunea sa în pompă sau la refulare. În cazul controlului electronic, blocul electronic comandă în mod corespunzător o electrovalvă (montată la admisiunea combustibilului în pompă) sau acţionează cremaliera pompei de injecţie (cu ajutorul unor elemente de execuţie adecvate). În cazul utilizării injectoarelor electromagnetice, dozarea combustibilului injectat pe ciclu se face prin reglarea timpului de deschidere a acestora, unitatea electronică controlând cu mare precizie intervalele de timp specifice.

Electronica intervine cu mare eficienţă şi în cazul controlului declanşării injecţiei, precum şi la precizarea momentului producerii acesteia pe ciclul motor. În acest scop se folosesc semnale electrice de declanşare, emise de sensori speciali sau întrerupătoare acţionate de came speciale. De asemenea, semnalele pot fi generate prin program de către unitatea electronică de control. Semnalele astfel obţinute sunt în corelaţie cu turaţia şi ordinea la aprindere a motorului.

Echiparea motoarelor cu aprindere prin scânteie cu carburatoare complexe sau carburatoare multiple nu a reuşit să asigure performanţele de putere şi de reducere a emisiilor poluante preconizate. Diferenţa de preţ dintre o astfel de instalaţie de alimentare şi instalaţia cu injecţie de benzină este mai puţin sensibilă. Ca urmare, injecţia de benzină se impune din ce în ce mai mult

Scanned with OKEN Scanner

ca o soluţie pentru creşterea în continuare a puterii litrice, reducerea consumului de combustibil şi mai ales pentru reducerea severă a emisiilor nocive din gazele de evacuare. Legislaţia internaţională impune norme din ce în ce mai restrictive, ce necesită o pecizie de dozare deosebit de ridicată pentru toate regimurile de funcţionare ale motorului, injecţia de benzină fiind net superioară carburaţiei din acest punct de vedere.

Injecţia de benzină comandată electronic sau *injecţia electronică de benzină* a răspuns la un nivel superior deziderateloor menţionate [3], [60]. În plus, s-a obţinut şi un spor de securitate în conducere.

Superioritatea injecţiei electronice de benzină se manifestă în precizia de dozare a benzinei, uniformitatea sporită a dozării acesteia între cilindrii motorului, separarea şi controlul independent al funcţiilor de dozare. Injecţia electronică oferă posibilitatea de reproducere a unor dependenţe complexe şi variate, de mare subtilitate şi cu efect spectaculos asupra ameliorării performanţelor motoarelor. Nu trebuie neglijate nici avantajele ce apar din uşoara adaptabilitate pe motor, precizia şi fiabilitatea sporite, costul şi dimensiunile de gabarit reduse.

De asemenea, se pot introduce un număr însemnat de mărimi de corecţie pentru toate regimurile de funcţionare a motorului, ceea ce creşte evident calitatea reglajului.

În Europa primul echipament electronic de injecţie a fost produs în anul 1967 de firma Bosch şi montat pe un motor VW de 1,6 litri cu patru cilindri. După zece ani, peste un milion de autoturisme erau echipate cu sisteme electronice de injecţie de tip K şi L- Jetronic, produse de firma Bosch [8]. Injecţia electronică de benzină devenise deja o necesitate în situaţia în care se cerea un autoturism economic şi nepoluant.

În principal, echipamentul electronic de injecţie realizează *dozajul optim pentru fiecare regim de funcţionare a motorului*. Asigurarea acestui optim implică dificultăţi deosebite din punct de vedere tehnic. Pentru depăşirea acestor dificultăţi se utilizează dependenţe cunoscute între cantităţile de aer şi de benzină şi unii parametri ai motorului (depresiunea din colectorul de admisie, turaţia, poziţia obturatorului etc.)

Cantitatea de aer aspirată în motor poate fi exprimată în funcţie de parametrii funcţionali menţionaţi. Pentru determinarea cantităţii de benzină trebuie să se ţină seama de presiunea de injecţie, secţiunea de curgere prin injector şi durata injecţiei. Pentru valori constante ale presiunii de injecţie şi ale secţiunii de curgere din injector, modificarea cantităţii de benzină injectată pe ciclu se poate realiza prin modificarea duratei injecţiei. Partea electronică de comandă a echipamentului de injecţie asigură modificarea corespunzătoare (dependentă de regimul de funcţionare a motorului) a timpului de deschidere a injectorului fără dificultate şi cu suficientă precizie.

Debitul de benzină injectată în cilindru trebuie corectat într-o serie de situaţii cum ar fi: regimuri tranzitorii de funcţionare a motorului, pornirea la rece etc. De asemenea, se impun corecţii inclusiv în funcţie de o serie de parametri: temperatura lichidului de răcire, temperatura aerului admis în cilindru, temperatura uleiului, presiunea atmosferică (corecţia altimetrică).

Ţinând seama de toate acestea, echipamentele de injecţie de benzină se structurează ca în fig. 3.1.

Scanned with OKEN Scanner

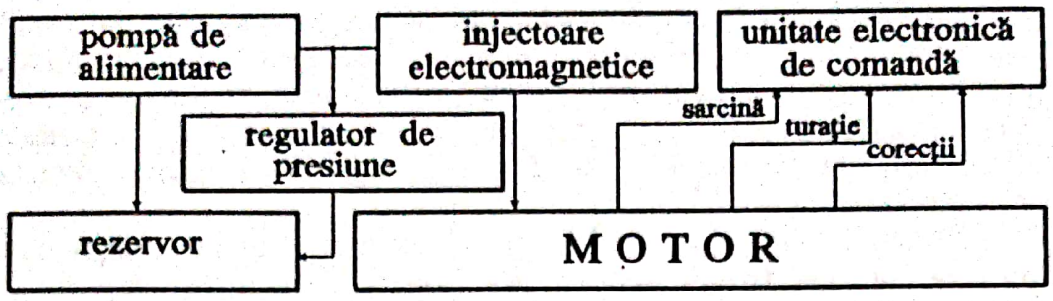


Figura 3.1

O pompă de alimentare aspiră benzina din rezervor şi o refulează către injectoarele electromagnetice. Presiunea benzinei în amontele injectoarelor este menţinută constantă cu ajutorul unui regulator de presiune. Acesta returnează către rezervor excesul de benzină refulată de pompa de alimentare. Debitul pompei de benzină trebuie să permită regulatorului de presiune să asigure presiunea de alimentare constantă necesară pentru toate condiţiile de funcţionare a motorului. Injectoarele electromagnetice, câte unul pentru fiecăre cilindru al motorului, sunt deschise o dată pe ciclu (la o rotaţie a axului cu came) prin acţiunea unor impulsuri adecvate, provenite de la unitatea electronică de comandă. Durata impulsurilor de comandă, stabilită de unitatea electronică de control, depinde de sarcina motorului (exprimată într-un mod specific), de turaţia motorului, precum şi de o serie de mărimi de corecţie. Toate aceste mărimi ce sunt implicate în dimensionarea duratei injecţiei (dozajului) sunt determinate cu ajutorul unor traductoare adecvate, fiind transmise unităţii electronice de comandă sub forma de mărimi electrice. Utilizarea mărimilor măsurate sub formă electrică permite valorificarea tuturor performanţelor permise de sistemele electronice: precizie, viteză, complexitate a algoritmilor de control.

3.4. STRUCTURA INSTALAŢIILOR DE ALIMENTARE PRIN INJECŢIE DE BENZINĂ CU COMANDĂ ELECTRONICĂ

Instalaţiile de alimentare prin injecţie de benzină cu comandă electronică au evoluat, prin perfecţionare, din instalaţiile cu comandă mecanică. Principalele transformări au constat în înlocuirea injectoarelor mecanice cu injectoare electromagnetice şi introducerea dispozitivelor şi unităţilor electronice de comandă. Unităţile electronice de comandă permit controlul deschiderii injectoarelor şi stabilirea cu foarte mare precizie a duratei de deschidere a acestora.

Soluţia ce mai răspândită în prezent este injecţia intermitentă de benzină în galeria de admisie, în poarta supapei de admisie. În general se folosesc

Scanned with OKEN Scanner

presiuni de injecţie mici (2 ... 4 daN/cm) şi foarte rar presiuni în jur de 20 daN/cm. Injecţia de benzină direct în cilindrul motorului, la presiuni de injecţie mari, deşi atractivă din punct de vedere teoretic, este încă puţin răspândită. Principalele probleme ridicate în acest caz sunt: plasarea injectorului în chiulasă, unde spaţiul constituie o problemă la motoarele cu aprindere prin scânteie; necesitatea unei pompe care să asigure presiuni mari de refulare. Soluţia este deocamdată aplicată la maşinile de formula I şi la un număr restrâns de automobile de serie.

Majoritatea instalaţiilor de alimentare prin injecţie de benzină cu comandă electronică se datoresc firmei Bosch, care a dezvoltat echipamente electronice de injecţie din seria Jetronic. Firma a dezvoltat practic toate tipurile existente în prezent de astfel de echipamente, aducând cele mai mari contribuţii teoretice şi tehnice în domeniu. Produsele firmei domină cu autoritate piaţa mondială a echipamentelor de injecţie de benzină. În fig. 3.2 se prezintă la nivel de schemă-bloc concepţia de bază a acestor echipamente, aşa cum a rezultat din instalaţia dezvoltată iniţial de firma Bosch [8]:

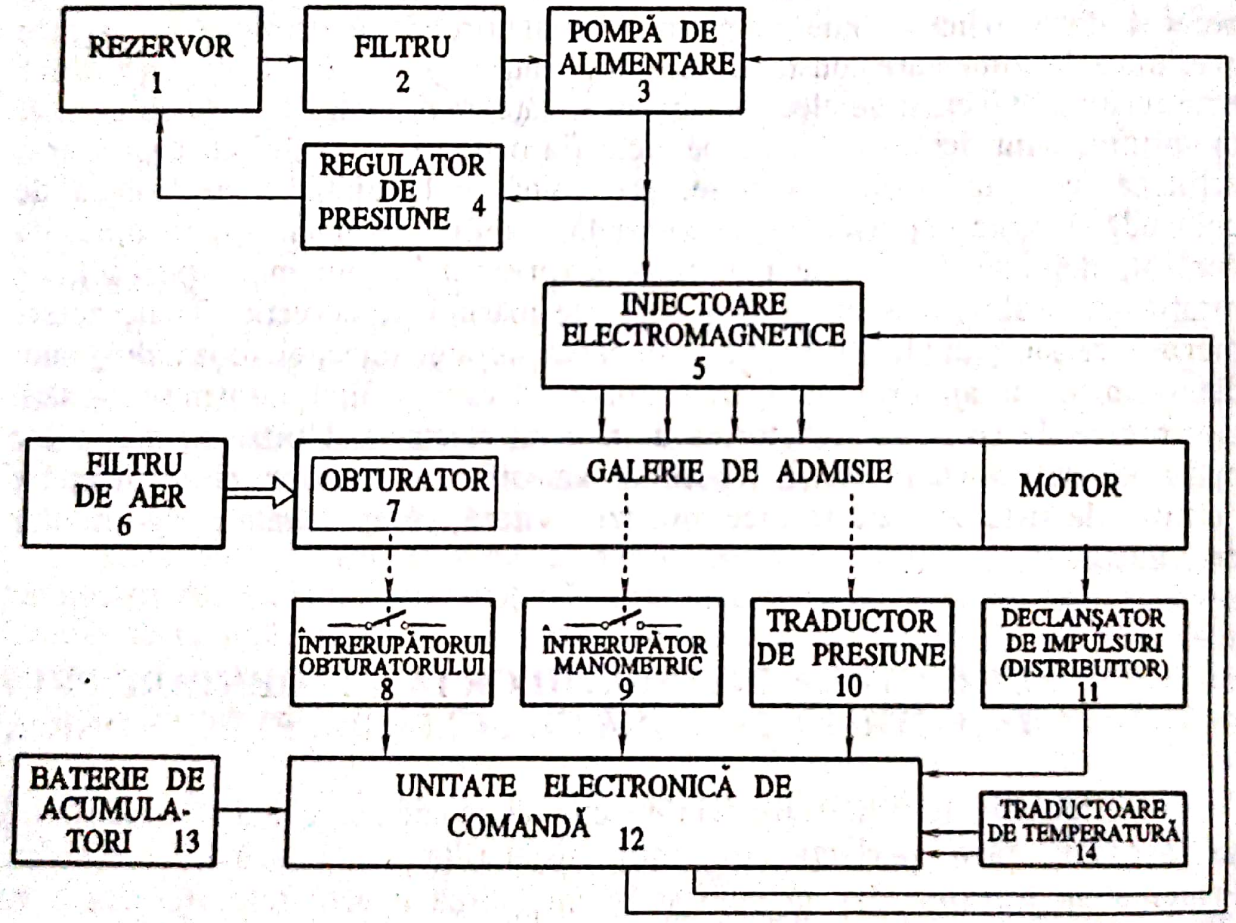


Figura 3.2

Instalaţia este de tipul cu injecţie intermitentă în galeria de admisie, cu distribuţia jetului în poarta supapei de admisie. Fiecărui cilindru al motorului îi este asociat câte un injector electromagnetic, *5*, acţionat o singură dată pe ciclu (pe durata admisiei). Benzina din rezervorul *1* este furnizată injectoarelor

Scanned with OKEN Scanner

electromagnetice *5* cu ajutorul pompei de alimentare, *3*. Presiunea benzinei în avalul pompei de alimentare este menţinută riguros constantă prin intermediul regulatorului de presiune, *4*. Presiunea are o valoare de 2 daN/cm, rezultată ca un compromis acceptabil între necesitatea de formare a unui amestec calitativ superior şi complexitatea elementelor componente ale instalaţiei de alimentare.

Reglarea cantităţii de benzină (dozajului) în concordanţă cu regimul de funcţionare a motorului se face prin controlul duratei de deschidere a injectoarelor electromagnetice. Această funcţie esenţială se realizează utilizând unitatea electronică de comandă, *12*. Pentru reducerea costului părţii electronice a instalaţiei de injecţie (etajele de ieşire de putere), injectoarele electromagnetice au fost cuplate în grupe de câte două, la motoarele cu patru cilindri, sau în grupe de câte trei, la motoarele cu şase cilindri. Semnalele emise de unitatea electronică de comandă se transmit astfel grupelor de injectoare electromagnetice. Momentul în care se comandă acţionarea (deschiderea) injectoarelor din fiecare grupă este precizat de semnalul dat de un declanşator de impulsuri, încorporat în capacul distribuitorului, *11*.

Informaţiile cu privire la regimul de funcţionare a motorului sunt introduse în blocul electronic de comandă de către întrerupătorul obturatorului *8* (pentru detectarea regimului de mers în gol), întrerupătorul manometric *9* (pentru identificarea regimului de sarcină plină), traductorul de presiune *10* (pentru estimarea sarcinii) şi traductoarele de temperatură *14* (pentru corecţii). Turaţia motorului este determinată de blocul de comandă pe baza frecvenţei impulsurilor de declanşare emise de declanşatorul de impulsuri din distribuitorul *11*. În urma prelucrării acestor informaţii, utilizând informaţiile memorate, în unitatea electronică de comandă se stabilesc durata de deschidere a injectoarelor corespunzătoare regimului de funcţionare respectiv şi deci cantitatea de benzină injectată pe ciclu. Pentru fiecare tip de motor, în unitatea electronică sunt memorate informaţiile cu privire la dependenţa dintre cantitatea de benzină injectată pe ciclu şi parametrii corespunzători fiecărui regim de funcţionare (prin intermediul timpului de deschidere a injectorului). Dependenţele se stabilesc anticipat la standul de probe cu unităţi de comandă controlate manual, pe baza unor criterii cum ar fi: consumul specific efectiv de combustibil minim, momentul motor efectiv maxim şi emisiile poluante minime. Rezultatele experimentale sunt memorate de unitatea electronică a echipamentului de injecţie, tabelar sau sub forma unor curbe de variaţie a timpului de deschidere a injectorului în funcţie de turaţie, având ca parametru variabil fie depresiunea din colectorul de admisie, fie poziţia obturatorului (sarcina). Aceste curbe sunt de forma prezentată în fig. 3.3. Traductorul de presiune existent în instalaţia electronică de injecţie trebuie să fie de o precizie deosebită pentru a permite reproducerea cu fidelitate a dependenţelor.

O serie de regimuri de funcţionare necesită tratări specifice, care nu pot fi descrise de caracteristici de tipul celor din fig. 3.3. În acest caz se prevăd dispozitive de corecţie adecvate. Astfel, la sarcină plină, când este necesară îmbogăţirea amestecului, determinarea regimului funcţional respectiv se face măsurând depresiunea în galeria de admisie cu ajutorul întrerupătorului

Scanned with OKEN Scanner

manometric *9*. În cazul mersului în gol forţat, din considerente de economicitate, se întrerupe alimentarea cu benzină. Situaţia de mers în gol este detectată cu ajutorul întrerupătorului obturatorului *8*. Pornirea motorului la rece impune corectarea amestecului în sensul îmbogăţirii acestuia. În acest scop se foloseşte un traductor de temperatură care conţine rezistenţe dependente de temperatură, a căror mărime influenţează durata de deschidere a injectoarelor electromagnetice şi dispozitivul de aer suplimentar *15*. În schema-bloc din fig. 3.2 mai apar: *2* –filtrul de benzină, *6* –filtrul de aer, *7* –obturatorul, *13* –bateria de acumulatoare.

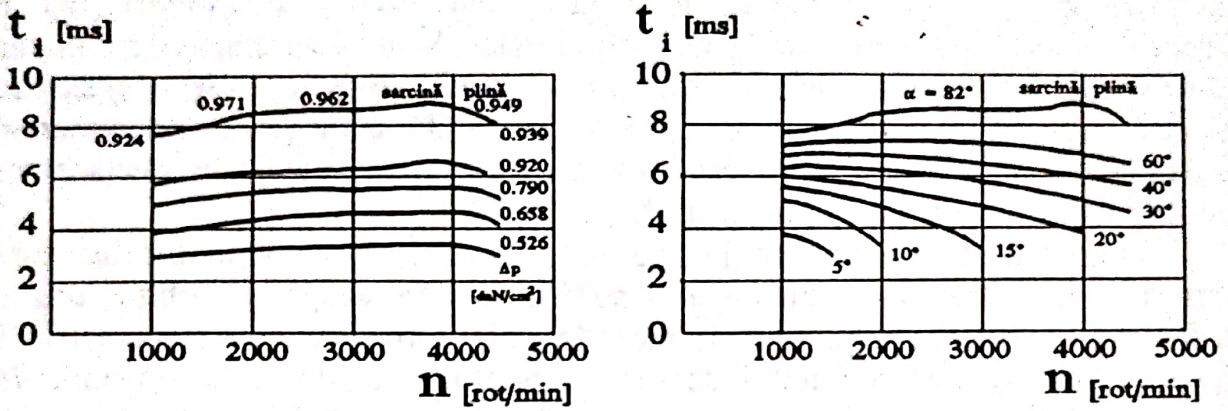


Figura 3.3

Dezvoltarea în continuare a echipamentelor electronice de injecţie a fost susţinută de progresul tehnologic spectaculos din domeniul industriei de componente electronice şi impusă de cerinţele concrete din ce în ce mai restrictive privind consumul specific efectiv de combustibil şi emisiile poluante din gazele de evacuare. Funcţie de necesităţi (norme) şi de posibilităţi (preţ), au apărut echipamente de injecţie relativ simple, cum ar fi echipamentul Mono-Jetronic, la care elementele constructive ce concură la formarea amestecului aer-benzină sunt reunite într-un ansamblu unic montat pe colectorul de admisie (înlocuind practic carburatorul fără prea multe complicaţii constructive), dar şi echipamente sofisticate, de tipul Motronic, care combină injecţia electronică cu controlul electronic al aprinderii (ceea ce asigură un grad deosebit de înalt de subtilitate a controlului).

3.5. COMPARAŢIE ÎNTRE METODELE DE FORMARE A AMESTECULUI

O comparaţie între cele două mijloace de formare a amestecului, cu carburatoare şi prin injecţie, poate fi făcută prin folosirea unor criterii, cum ar fi: dozarea, formarea amestecului, uniformitatea reapartiţiei, puterea motorului, consumul, poluarea, preţul de cost, fiabiliatea, reparabilitatea şi întreţinerea tehnică.

Scanned with OKEN Scanner

Dozarea. Sistemul de dozare trebuie să asigure cât mai exact o dependenţă optimă de tipul:

$$\lambda = f(k,n) \ . \qquad (2.1)$$

Pentru orice regim de funcţionare valorile coeficientului de dozare λ sunt precizate de sarcina k şi turaţia n, conform unor criterii impuse din considerente de consum şi poluare.

Controlul corecţiilor dozajului la carburator necesită dispozitive speciale, uneori cu asistare electronică. În acest fel se reduc semnificativ principalele avantaje în raport cu sistemele de injecţie: simplitate, preţ, uşurinţa exploatării.

La sistemele de injecţie electronică caracteristica de dozare ce se obţine este mult mai apropiată de cea necesară. Precizia dozării depinde în primul rând de exactitatea cu care se măsoară debitul de aer, fapt mult facilitat de utilizarea traductoarelor electrice, dar şi de folosirea unor corecţii după o serie de mărimi de intrare suplimentare.

Utilizarea convertorului catalitic cu trei căi impune o reglare în buclă extrem de precisă a dozajului, cu o eroare admisibilă de max. 1% faţă de dozajul stoichiometric. În aceste condiţii, carburatorul este practic scos din discuţie.

Injecţia electronică se impune prin marele număr de mărimi şi varietatea semnalelor suplimentare ce pot fi introduse în sistem. Aceste semnale pot fi prelucrate cu o precizie foarte ridicată şi pe baza unor algoritmi foarte complecşi, imposibil de modelat cu regulatoare mecanice. Caracteristicile de performanţă prezentate pot fi reproduse şi transmise produselor de serie, dar la un preţ de cost (relativ) ridicat.

Formarea amestecului. Acest proces complex implică pulverizarea, vaporizarea şi amestecarea combustibilului cu aerul. Se impune evitarea separării sale prin condensare, până în momentul aprinderii.

Viteza relativă dintre cele două componente ale amestecului constituie principalul parametru ce dictează finetea pulverizării. O viteză relativă mare permite o vaporizare mai pronunţată (vaporizare dinamică) şi o mai bună omogenitate a amestecului. Formarea amestecului prin injecţie asigură performanţe ridicate, chiar la presiuni de injecţie relativ mici. Acest lucru se realizează datorită injectorului, printr-o formă adecvată a traseului de curgere şi prin adiţionarea de aer pentru emulsionare.

Vaporizarea combustibilului la carburator şi la injecţia monopunct prezintă aproximativ aceeaşi intensitate (comparativ mai mică faţă de injecţia multipunct în poarta supapei de admisie). Ca urmare, la sarcină totală pot să apară fenomene de condensare. Procesul se manifestă atunci când valorile de temperatură şi presiune situează combustibilul sub punctul de rouă. Vaporizarea este mult îmbunătăţită la injecţia multipunct în poarta supapei prin contactul benzinei cu corpul cald al supapei, ceea ce exclude practic condensarea.

Repartizarea amestecului. Uniformitatea umplerii cilindrilor depinde de gradul de omogenizare a amestecului la pătrunderea sa în traseul de admisie şi

Scanned with OKEN Scanner

de geometria galeriei (formă şi dimensiuni). O uniformitate mai bună a umplerii asigură performanţe superioare de putere litrică şi consum specific.

La sistemele cu carburator şi la cele cu injecţie monopunct se obţine o uniformitate mai redusă şi cam de aceeaşi mărime pentru ambele metode. Faptul se datorează geometriei asemănătoare a admisiei (cu trasee de lungimi diferite pentru grupe de cilindri) şi formării amestecului în aproximativ aceleaşi condiţii.

La sistemele de injecţie multipunct se obţin cele mai bune performanţe de uniformitate, întrucât condiţiile de formare a amestecului sunt mult mai apropiate între ele pentru toţi cilindrii.

Puterea. Sistemele de injecţie prezintă avantaje incontestabile în ceea ce priveşte puterea maximă ce poate fi dezvoltată de motor. Acestea se datoresc îmbunătăţirii substanţiale a umplerii, în principal prin reducerea rezistenţelor gazodinamice (lipsa difuzorului), precum şi prin eliminarea necesităţii de încălzire a galeriei de admisie.

În regimurile tranzitorii, dezvoltarea de putere este limitată de neuniformitatea umplerii. În cazul carburatorului, la care şi în regimuri stabilizate umplerea este caracterizată de neuniformitate, această ultimă caracteristică se accentuează întrucât, la acţionarea rapidă a acceleraţiei, presiunea creşte brusc şi se reduce temperatura, ceea ce reduce vaporizarea, favorizând condensarea. Astfel de fenomene nu se manifestă practic la sistemele de injecţie, din considerentele menţionate în cazul umplerii şi formării amestecului. Ca urmare, în cazul alimentării prin injecţie este permisă creşterea rapoartelor de compresie şi, prin aceasta, obţinerea unor performanţe dinamice superioare.

Consumul de combustibil. Aşa cum s-a constatat din considerentele teoretice ale răspunsului staţionar, în regim staţionar, pentru diferite sisteme de alimentare, diferenţele de consum sunt reduse, iar proporţiile discutabile. Pentru regimurile tranzitorii însă, injecţia multipunct de benzină este net superioară celorlalte procedee. Avantajele provin din optimizarea dozajului suplimentar de benzină, în cazul accelerării şi din suspendarea injecţiei de benzină la decelerare (mers în gol forţat), cu reluarea sa cu valori reduse pentru menţinerea strictă a turaţiei minime de mers în gol (chiar cu posibilitatea stabilizării valorii turaţiei). Răspunsul dinamic superior al injecţiei multipunct permite reducerea substanţială a consumului de benzină în trafic urban, cu efecte economice şi ecologice remarcabile.

De asemenea, echipamentele de injecţie prezintă facilitaţi pentru crearea amestecurilor sărace neomogene (stratificate), soluţie ce reprezintă o cale importantă de reducere a consumului, fără a creşte gradul de poluare.

Poluarea. Şi din acest punct de vedere, pe baza aspectelor teoretice prezentate, pentru regimurile stabilizate nu apar deosebiri esenţiale privind compoziţia gazelor de eşapament, în funcţie de tipul sistemului de alimentare.

Deosebiri esenţiale apar însă în cazul regimurilor tranzitorii şi în perioada de încălzire. Sistemele de injecţie multipunct în poarta supapei de admisie sunt

Scanned with OKEN Scanner

net superioare, datorită acelor caracteristici care permit reducerea consumului de carburant în aceste regimuri.

În cazul sistemelor de injecţie, lipsa camerei de nivel constant din structură (prezentă în carburatoare) înlătură complet emisia de vapori de benzină din instalaţia de alimentare.

Cheltuieli. Din punctul de vedere al cheltuielilor trebuie să se ţină seama de preţul de cost şi de cheltuielile de întreţinere şi reparaţie. Datorită complexităţii, toate aceste capitole de cheltuieli sunt mai mari la sistemele de injecţie, comparativ cu carburatoarele. De regulă însă, suplimentul de preţ al sistemelor de injecţie este compensat pe termen mediu şi lung de celelalte avantaje, cum ar fi, în principal, reducerea consumului de benzină.

Concluzii. Fiecare din cele două sisteme de alimentare prezintă anumite avantaje, ce pot fi grupate după cum urmează:

– la sistemele de injecţie, în special la cele multipunct: uniformitatea superioară a umplerii, permiţând obţinerea unor puteri specifice mari şi a unui consum mai redus; reducerea nivelului noxelor şi posibilitatea controlului poluării prin utilizarea convertoarelor catalitice cu reglaj în buclă λ a dozajului;

– la carburatoare prevalează preţul mai redus şi întreţinerea mai simplă. Îmbunătăţirea tehnologiilor şi perfecţionarea sistemelor de injecţie au condus la apariţia unor echipamente mai ieftine şi mai fiabile, ceea ce atenuează treptat şi aceste avantaje relative ale carburatoarelor.

Scanned with OKEN Scanner

4

CONTROLUL ELECTRONIC AL INJECŢIEI DE BENZINĂ ŞI AL APRINDERII

4.1. GENERALITĂŢI

După cum s-a menţionat, amestecul aer-benzină este pregătit optim cu ajutorul sistemelor de injecţie, cu avantaje nete în comparaţie cu carburatoarele. Prin urmare, se vor putea realiza mult mai uşor anumite condiţii de dozaj, specifice funcţionării optime a motoarelor în diferite situaţii, urmărind criterii de performanţă, cum ar fi: consumul de benzină redus, puterea dezvoltată maximă şi nivelul minim al nocivităţii gazelor de evacuare.

În urma studiilor experimentale s-au desprins următoarele concluzii utile privind valorile optime ale dozajului pentru diferite regimuri de funcţionare, sistematizate după cum urmează:

– motoarele cu aprindere prin scânteie dezvoltă puterea lor maximă pentru $\lambda = 0{,}95 \ldots 0{,}85$ (la un procent de lipsă de aer de 5 ... 15 %);

– economia maximă de benzină are loc pentru $\lambda = 1{,}1 \ldots 1{,}2$ (corespunzând unui exces de aer de aproximativ 20 %);

– funcţionarea în gol perfectă are loc pentru aproximativ $\lambda = 1$;

– tranziţiile cele mai bune se obţin pentru $\lambda = 0{,}85 \ldots 0{,}75$ (la o lipsă de aer de 15 ... 25 %).

În ceea ce priveşte poluarea, legătura diferitelor componente nocive din gazele de evacuare, funcţie de dozaj, se prezintă astfel:

– emisiile de monoxid de carbon (CO) au o tendinţă de scădere pe măsură ce λ creşte, datorită măririi cantităţii de oxigen disponibile pentru ardere. Panta de scădere este mai accentuată până când se atinge o valoare $\lambda = 1{,}05$. În continuare panta se reduce, atingându-se o valoare minimă a emisiilor după depăşirea valorii $\lambda = 1{,}1$;

– emisiile de hidrocarburi (HC) ating valoarea minimă la $\lambda = 1{,}1$. Creşterea lor în domeniul amestecurilor sărace se poate explica în primul rând prin răcirea pereţilor cilindrului, ceea ce stinge flacăra în zona de lângă pereţi. Cu amestecuri extrem de sărace, arderea ramâne în urmă şi apar pierderi;

– emisiile de NO_x se comportă în mod total diferit, crescând pe măsură ce concentraţia de oxigen se măreşte şi la temperaturi mari de ardere. Aceasta dă curbei de NO_x forma de clopot: un maxim în jur de $\lambda = 1{,}05$, datorită creşterii concentraţiei de oxigen şi valorilor mari de temperatură, după care

Scanned with OKEN Scanner

curba coboară ca urmare a rapidei scăderi a vâfurilor de temperatură pentru amestecuri sărace.

Cele mai înalte performanţe se asigură prin controlul computerizat al injecţiei de benzină. Microcomputerele disponibile în prezent, bazate pe microprocesoare foarte puternice şi cu capacităţi mari de memorie, permit controlul simultan al aprinderii şi al injecţiei, ceea ce conferă o eficienţă remarcabilă. Integrarea pe scară largă şi foarte largă a circuitelor electronice digitale permite o construcţie compactă, cu un gabarit redus. Unitatea electronică computerizată de control impune în prezent o singură tensiune de alimentare şi consumă un curent de valoare relativ redusă. Traductoarele din sistem sunt utilizate într-o astfel de concepţie, pentru controlul atât al injecţiei, cât şi al aprinderii. În acest mod se obţine un preţ mai scăzut decât în cazul controlului separat al celor două procese. Utilizând această concepţie, rezultă următoarele avantaje [1]:

– scăderea consumului de benzină, în special în comparaţie cu motoarele echipate cu carburator şi sistem clasic de aprindere şi chiar în comparaţie cu motoarele cu injecţie, dar cu aprindere convenţională;

– micşorarea consumului pe durata încălzirii motorului, datorită preciziei de îmbogăţire a amestecului impusă în acest regim şi posibilităţii de control adecvat al momentului aprinderii;

– scăderea consumului pentru funcţionare la sarcină plină, datorită dozajului precis al amestecului funcţie de turaţie, cu îmbogăţire optimă;

– suprimarea alimentării cu benzină la supraturaţie, ceea ce duce de asemenea la reducerea consumului şi evită uzurile mari ale motorului datorate turaţiilor foarte ridicate;

– reducerea consumului de benzină, în condiţiile respectării prescripţiilor asupra emisiilor poluante, prin adaptarea avansului la aprindere la toate condiţiile de funcţionare;

– pornire sigură şi comportare bună cu motor rece datorită optimizării avansului la aprindere şi dozajului;

– mers în gol constant, posibil de stabilizat turaţia, prin adaptarea unor dispozitive de control pe circuitul de aer;

– caracteristici de cuplu bune la turaţii joase ale motorului, ceea ce asigură o flexibilitate mai mare (caracteristică cuplu - turaţie aplatizată) şi o comportare în trafic sensibil îmbunătăţită;

– avansul la aprindere la sarcină plină fixat din condiţia de cuplu maxim, exceptând situaţiile în care trebuie luată în considerare limita de detonaţie, cu respectarea condiţiei de consum minim de carburant şi emisii poluante minime în domeniul sarcinilor parţiale;

– emisii poluante reduse, graţie adaptării excelente a dozajului şi avansului la aprindere la condiţiile de sarcină;

– posibilitatea reducerii suplimentare a emisiilor poluante prin utilizarea controlului Lambda şi tratarea catalitică a gazelor de evacuare.

Sistemele de injecţie de benzină cele mai performante controlează electronic injecţia de tip intermitent. Pentru a asigura cea mai bună calitate a controlului dozajului semnalele se procesează digital.

Scanned with OKEN Scanner

4.1.1. Funcţiile de bază

Pentru a stabili în mod optim valoarea dozajului controlat electronic de sistem, este necesară cunoaşterea unui set de mărimi, din care unele sunt determinante, stabilind valoarea de bază a dozei injectate, iar altele intervin ca parametri, considerate în cadrul unor corecţii. În prima categorie se includ turaţia şi debitul de aer (sarcina), iar în cea de-a doua, de exemplu, temperaturile şi presiunile.

Turaţia poate fi măsurată în diferite moduri, cum ar fi, de pildă, cu ajutorul unui traductor de impuls de tip inductiv ce sesizează trecerea dinţilor de la coroana dinţată de pe volantă sau cu semnal provenit de la ruptor-distribuitor. Având în vedere funcţionarea ciclică a motorului, ceea ce impune o sincronizare a funcţionării sistemului electronic de control, apare necesitatea unui semnal de referinţă. Acest semnal poate fi generat tot cu ajutorul unui traductor inductiv şi al unor ploţi plasaţi pe volantă sau utilizând un generator de semnale antrenat de axul ruptor-distribuitorului. De regulă, referinţa corespunde trecerii motorului prin punctul mort interior.

Debitul de aer trebuie măsurat cu mare precizie de sistemul electronic de control. Cantitatea de aer absorbită de motor este o măsură exactă a sarcinii la care funcţionează acesta. Debitmetrul de aer măsoară întreaga cantitate de aer absorbită de motor, aceasta fiind informaţia pe baza căreia se stabileşte cantitatea de benzină injectată.

În funcţie de cantitatea de aer măsurată şi de turaţia motorului, microcomputerul stabileşte timpul de injecţie corespunzător. De asemenea, dependent de condiţiile concrete de funcţionare a motorului, se ajustează timpul de injecţie.

Întrucât aerul trebuie să treacă mai întâi prin traductorul de debit, înainte de a ajunge la motor, semnalul despre sarcină precede umplerea cilindrului respectiv. În acest fel se asigură formarea amestecurilor corecte pe durata tranziţiilor (la schimbarea sarcinii), datorită promptitudinii răspunsului.

Cea mai răspândită soluţie de măsurare a debitului de aer se bazează pe traductorul cu volet. Acesta măsoară cu mare precizie debitul total de aer şi furnizează informaţia unităţii de control.

Principiul de funcţionare folosit constă în măsurarea forţei exercitate asupra voletului traductorului de către aerul ce trece prin traductor. Contraforţa necesară pe volet este exercitată de un arc spiral (calibrat). Pentru fiecare debit voletul este deviat cu un anumit unghi. O dată cu creşterea unghiului, secţiunea efectivă de curgere a aerului se măreşte. Voletul-sensor antrenează cursorul unui potenţiometru ce transformă unghiul de rotaţie al voletului într-o tensiune de semnal corespunzătoare, U_s, semnalul astfel obţinut fiind transmis unităţii de control. Potenţiometrul este compus dintr-un anumit număr de segmente rezistive de valoare mare. Cursorul şi rezistenţele sunt calibrate, astfel încât tensiunea U_s creşte cu creşterea unghiului de rotaţie al voletului. Potenţiometrul este de tip cu peliculă groasă, pe suport ceramic. Rezistenţele şi niturile de contact sunt realizate din materiale extrem de rezistente la uzură. Pentru o bună comportare a reglajelor, potenţiometrul este astfel construit, încât să se obţină o dependenţă liniară între cantitatea de carburant furnizată şi tensiunea de pe

Scanned with OKEN Scanner

cursor. Temperaturile ridicate şi modificările bruşte ce apar în compartimentul motor nu afectează acurateţea măsurării debitului de aer, întrucât, prin intremediul tensiunii U_s, unitatea de control evaluează numai rapoartele de rezistenţe (practic neafectate de condiţiile menţionate).

4.1.2. Structura subsistemului de alimentare

Subsistemul de alimentare cu benzină constă din următoarele elemente: pompă electrică de benzină, filtru de benzină, rampă, regulator de presiune, amortizor hidraulic de pulsaţii şi injectoare electromagnetice.

Pompa de benzină este de preferată de tipul cu role, cu antrenare electrică. Întotdeauna pompa furnizează mai multă benzină decât are nevoie motorul pentru a se asigura o presiune suficientă în sistemul de alimentare, în toate regimurile de funcţionare.

Utilizarea antrenării electrice a pompei permite şi realizarea unor condiţii superioare de siguranţă. După pornirea motorului, pompa funcţionează atât timp cât contactul este pus. Pomparea benzinei se opreşte de către sistem atunci când aprinderea este conectată, dar motorul nu se roteşte. În acest mod se limitează riscurile de incendiu, ca de exemplu, în cazul unui accident.

Filtrul de benzină are rolul de a reţine toate impurităţile ce pot exista în benzină, înainte ca acestea să ajungă la injectoare. Filtrarea de înaltă calitate a benzinei este o operaţie esenţială, ce evită decalibrarea dozajelor, existând posibilitatea ca ea să apară prin afectarea traseelor calibrate de la injectoare. Din acest motiv, filtrul este realizat, în principal, cu hârtie micrometrică cu pori de 10 microni.

Rampa de benzină asigură alimentarea injectoarelor cu cantităţi egale de benzină. De asemenea, serveşte ca acumulator; în comparaţie cu cantitatea de benzină injectată pentru un ciclu motor, volumul rampei este suficient de mare pentru a suprima fluctuaţiile de presiune ce ar putea afecta dozajul. Suplimentar, printr-o construcţie adecvată, rampa permite montarea şi demontarea simplă a injectoarelor.

Regulatorul de presiune menţine constantă presiunea diferenţială dintre presiunea de benzină şi cea din galeria de admisie. În acest fel, cantitatea de benzină furnizată de injectoarele electromagnetice este determinată numai de timpul lor de deschidere.

Din punct de vedere constructiv, regulatorul este de tip cu membrană, fiind construit dintr-o carcasă (capsulă) metalică, despărţită în două părţi de o membrană, formându-se astfel o cameră pentru benzină şi una pentru un arc ce pretensionează membrana. Presiunea ce poate fi controlată ajunge la valori de 2,5 ... 3 bari. Când presiunea fixată este depăşită, se deschide o supapă antrenată de membrană, surplusul de benzină fiind trimis printr-un retur înapoi în rezervorul de benzină. Camera cu arcul de pretensionare a membranei este conectată printr-un tub la galeria de admisie, racordul fiind realizat într-un punct situat după clapeta de acceleraţie. În acest mod, presiunea de alimentare cu benzină este dependentă de presiunea absolută din galeria de admisie, astfel

Scanned with OKEN Scanner

încât căderea de presiune pe injectoare (presiunea diferenţială) se menţine constantă pentru orice poziţie a obturatorului.

Injectoarele electromagnetice, controlate electronic, pulverizează benzina, dozată cu precizie, în poarta supapelor de admisie. În cazul injecţei multipunct se foloseşte câte un injector pentru fiecare cilindru.

În principiu, injectorul electromagnetic este un electroventil plasat pe traseul de alimentare cu benzină, prevăzut cu o supapă ce controlează o secţiune de curgere calibrată. Injectorul constă dintr-un corp şi un ac antrenat de o armătură electromagnetică. Corpul conţine înfăşurarea electromagnetului şi ghidajul acului. Atât timp cât nu se alimentează înfăşurarea, acul este împins pe scaunul supapei de un arc spiral. Când înfăşurarea este alimentată, acul se ridică de pe scaun cu aproximativ 0,1 mm, ceea ce permite benzinei să treacă printr-o deschidere inelară calibrată. Capătul acului are o zonă lustruită profilată ce pulverizează benzina. Timpii de deschidere şi revenire pentru supapă au valorile tipice de 1 ... 1,5 ms.

Supapele injectoarelor sunt deschise şi închise în mod electromagnetic, cu impulsuri electrice furnizate de unitatea de control electronic. Funcţie de modul de conectare electrică, injectoarele furnizează benzina în mod simultan, o dată sau de două ori pe un ciclu complet. La sistemele secvenţiale moderne, comanda depinde şi de poziţia unghiulară a arborelui cotit.

Având în vedere modul de lucru cu injecţie intermitentă în poarta supapei de admisie, când supapa de admisie este închisă, benzina este temporar stocată lângă injector. Formarea amestecului aer-benzină se realizează atât în poarta supapei de admisie, cât şi în interiorul cilindrului. Injectorul electromagnetic pulverizează benzina în cantităţi precise, calculate de microcomputer, în partea superioară a curentului din poarta supapei de admisie. Când supapa de admisie se deschide, benzina pulverizată este antrenată în interiorul cilindrului. Turbulenţa de pe durata admisiei şi compresiei ajută la vaporizarea benzinei şi formarea unui amestec omogen aer-benzină, cu caracteristici bune de aprindere şi de ardere.

Timpul de injecţie este stabilit, dependent de condiţiile de funcţionare a motorului, de către microcomputerul unităţii electronice de control.

Montarea injectoarelor în ghidajele din chiulasa motorului se face cu garnituri de cauciuc special, ce asigură izolare termică. În acest mod se împiedică formarea bulelor din vapori de benzină în interiorul lor, ceea ce contribuie la o pornire satisfacătoare cu motor cald. Se asigură de asemenea protecţia injectoarelor împotriva vibraţiilor. Racordarea injectoarelor la rampa de alimentare se face cu ajutorul unor cuplaje cu siguranţă şi garnituri o-ring.

Amortizorul de pulsaţii previne apariţia pulsaţiilor presiunii benzinei în circuitul hidraulic al injectoarelor electromagnetice, ce ar afecta precizia dozajului.

Amortizorul se montează pe returul de benzină, între regulatorul de presiune şi rezervor. Constructiv este similar cu regulatorul de presiune, dar fără conexiunea la galeria de admisie. El reduce fluctuaţiile de presiune, suprimând zgomotul provenit din variaţiile normale de presiune cauzate de deschiderea injectoarelor sau de funcţionarea regulatorului de presiune. În acest

Scanned with OKEN Scanner

mod se asigură o uniformitate corespunzătoare a umplerii şi menţine între limite acceptabile erorile de dozaj.

4.1.3. Dozarea benzinei

În principal, benzina se dozează pornind de la două mărimi: debitul de aer şi turaţia. Valorile acestor mărimi se determină, aşa cum s-a arătat, folosind traductoare adecvate. Întrucât benzina este dozată şi injectată în mod discontinuu, pe fiecare ciclu de bază, turaţia motorului trebuie măsurată în concordanţă cu determinarea debitului de aer. În acest fel, microcomputerul calculează cantitatea de aer pentru o cursă a pistonului sau pe unitatea de timp.

Procesarea semnalelor este realizată de microcomputerul unităţii de control. Semnalele obţinute controlează etajul final pentru comanda injectoarelor electromagnetice.

Pentru *calculul timpului de injecţie* se folosesc ca bază semnalele despre cantitatea de aer şi turaţia motorului, ce dau o măsură a sarcinii motorului (cantitatea de aer pe ciclu). În concordanţă cu condiţiile de funcţionare, factorii de corecţie afectează valoarea timpului de injecţie. În final, dacă este cazul, se utilizează o corecţie de tensiune, pentru a compensa efectele variaţiilor tensiunii de la baterie asupra timpilor de închidere şi deschidere a injectoarelor electromagnetice. Se poate menţiona faptul că la ultimele tipuri de sisteme electronice de control al injecţiei se lucrează cu atacul injectoarelor în curent stabilizat, ccea ce elimină necesitatea corecţiei după tensiunea bateriei.

Principiul dozării benzinei rezultă din fig. 4.1.

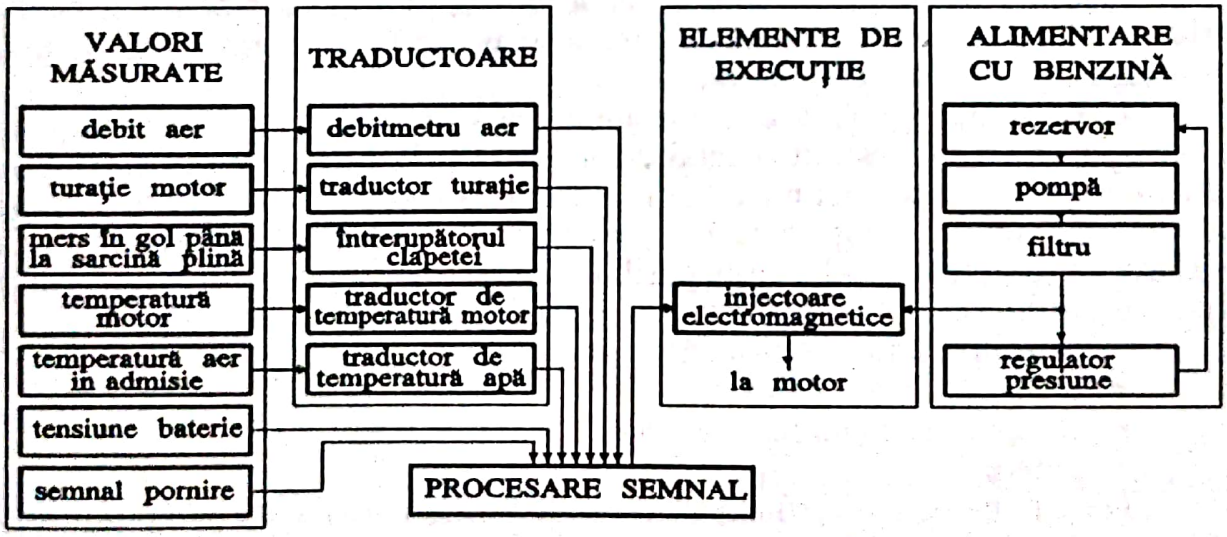


Figura 4.1

Modul de determinare a factorilor de corecţie rezultă din fig. 4.2.

Semnalul de sarcină (cantitate de aer pe ciclu) este calculat, aşa după cum s-a văzut, pornind de la semnalele debit de aer şi turaţie motor. Dar acest semnal nu este întotdeauna strict proporţional cu cantitatea de aer. Abaterile rezultă din anumite motive, cum ar fi cantităţile pulsatorii de aer (având în

Scanned with OKEN Scanner

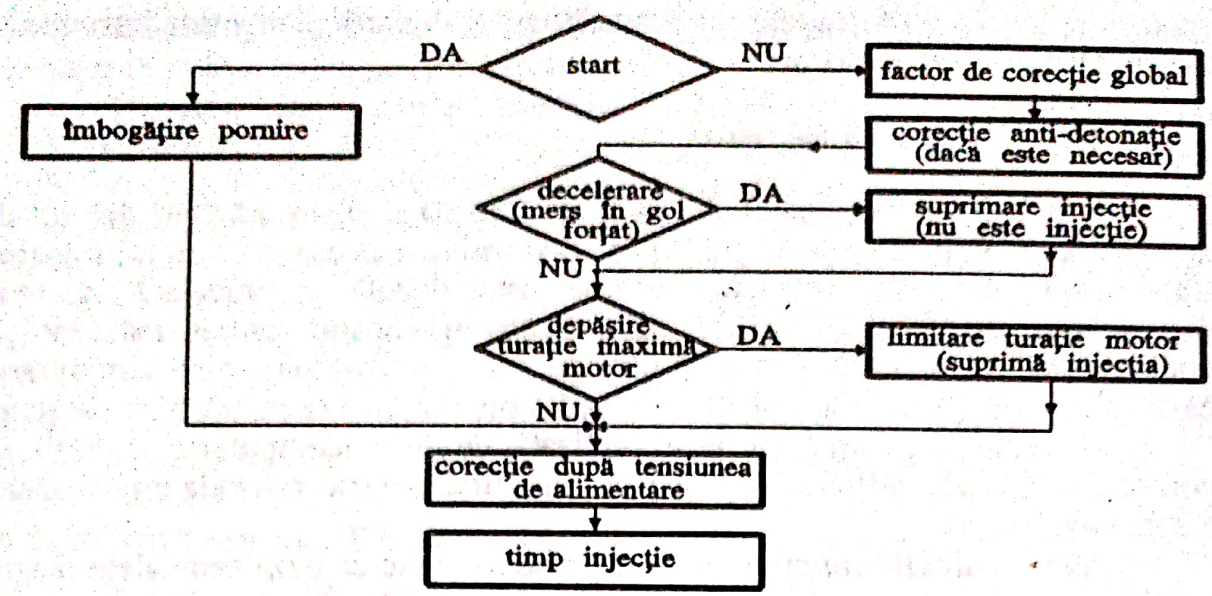


Figura 4.2

vedere discontinuităţile în funcţionarea supapelor de admisie) şi variaţiile densităţii aerului (funcţie de parametrii de stare temperatură şi presiune).

Variaţiile densităţii aerului sunt compensate de către microcomputer cu ajutorul unui factor de corecţie dependent de temperatura aerului în admisie (obligatoriu) şi, dacă este cazul, şi de presiunea absolută a aerului (corecţie altimetrică - opţional, în cazul utilizării sistemelor pe motoare funcţionând la altitudini mari).

Cel mai bun reglaj posibil al raportului de amestec aer-benzină, pentru orice condiţie de funcţionare, se realizează cu ajutorul unei *cartograme Lambda* în unitatea electronică de control.

Cartograma Lambda este memorată în secţiunea digitală a unităţii de control. Cartograma este mai întâi determinată prin probe de stand cu frână (dinamometrică), apoi optimizată, din criterii de economie de benzină, emisii poluante minime şi comportare în conducere, pe automobil (driveability). Cu ajutorul cartogramei Lambda este posibilă reglarea dozajului aer-benzină pentru toate condiţiile reale de funcţionare al motorului (în trafic), asigurându-se:

- consum minim de benzină;
- emisii poluante reduse;
- comportare bună în conducere;
- putere.

Determinarea unui punct particular de funcţionare nu are nici o influenţă asupra altor puncte, datorită lipsei inerţiei în răspuns a sistemului (răspuns cvasistaţionar).

În cazul sarcinii pline (clapetă de acceleraţie complet deschisă), sistemul trece controlul raportului aer-benzină pentru întreg domeniul de turaţii pe criteriul cuplului maxim. După cum s-a arătat, acesta corespunde unui coeficient de exces de aer $\lambda = 0{,}85 \ldots 0{,}95$, cu evitarea detonaţiei. Determinarea acestei situaţii de funcţionare (sarcină plină) este realizată cu ajutorul unui întrerupător acţionat de clapeta de acceleraţie (cu un sistem cu camă) sau întrerupător manometric.

Scanned with OKEN Scanner

La sarcini parţiale, criteriul de reglare a dozajului constă în asigurarea consumului minim de benzină, cu emisii poluante reduse.

Pentru mersul în gol, prioritatea este acordată funcţionării fără şocuri (mers „rotund").

Cartograma Lambda compensează cu precizie (implicit) abaterile traductorului debitului de aer în punctele de pe cartogramă unde apar aceste abateri.

4.1.4. Adaptarea la condiţiile de funcţionare

Unitatea electronică pentru controlul injecţiei trebuie să asigure adaptarea la condiţiile concrete de funcţionare.

În cazul *pornirii la rece* apare necesitatea unei injecţii suplimentare de benzină. Cantităţile suplimentare de benzină sunt furnizate pentru o perioadă limitată de timp, conform unei dependenţe precis determinate de temperatura motorului. Ca urmare, timpul de injecţie se modifică în mod corespunzător.

Pe durata pornirii la rece, amestecul aer-benzină devine sărac datorită amestecului slab al picăturilor de benzină cu aerul la turaţii mici şi temperaturi reduse ale motorului, evaporării minime şi condensării masive a benzinei pe suprafeţele pereţilor galeriei de admisie şi cilindrilor. Compensarea acestor fenomene şi facilitarea pornirii la rece a motorului sunt realizate prin furnizarea unei cantităţi suplimentare de benzină.

Îmbogăţirea amestecului în cazul pornirii la rece se poate realiza (în cele mai multe situaţii) cu ajutorul injectoarelor existente, sau uneori, în cazul motoarelor de capacităţi cilindrice mari şi foarte mari, prin folosirea unui injector suplimentar. În cazul folosirii injectorului suplimentar de pornire la rece, pulverizarea benzinei de către acesta se face în zona centrală a galeriei de admisie (din considerente de uniformitate a umplerii). Din punct de vedere constructiv, injectorul de pornire la rece este foarte asemănător cu injectoarele electromagnetice folosite în sistemele de injecţie. Timpul de funcţionare a injectorului suplimentar este controlat, funcţie de temperatura motorului, de un comutator cu termo-temporizare. Acesta constă dintr-o lamă bimetalică încălzită cu o rezistenţă electrică ce închide sau se deschide un contact, ca răspuns la modificările de temperatură. Conectarea sa în circuit se face la punerea contactului de aprindere.

Pentru cele mai multe motoare injectorul suplimentar poate fi eliminat. Injectoarele electromagnetice ale fiecărui cilindru pot asigura dozajul suplimentar de benzină, pe baza unui control complex al duratei injecţiei.

Îmbogăţirea amestecului, compensând formarea necorespunzătoare a amestecului şi condensarea benzinei pe pereţi, îmbunătăţeşte de asemenea comportarea motorului după pornirea la rece. Îmbogăţirea în această fază este corelată cu temperatura şi timpul. De la o valoare iniţială, dozajul descreşte practic liniar cu creşterea temperaturii, timpul de cădere fiind de asemenea funcţie de temperatura iniţială.

Pe durata *încălzirii*, motorul primeşte cantităţi de benzină precis dozate (în sensul unei anumite îmbogăţiri), dependente de temperatura, sarcina şi

Scanned with OKEN Scanner

turaţia motorului. Îmbogăţirea amestecului pe această durată compensează condensarea unei anumite cantităţi de benzină pe pereţii cilindrilor (încă insuficient de calzi). În cazul utilizării injectorului suplimentar de pornire, la suprimarea funcţionării acestuia, apare o cădere de turaţie semnificativă dacă nu se asigură o îmbogăţire a amestecului realizată de injectoarele principale în faza de încălzire.

Pentru un *mers în gol* constant pe durata etapei de încălzire, apare necesitatea măririi turaţiei de mers în gol. În acest mod se obţine şi o încălzire rapidă a motorului. Un dispozitiv de aer suplimentar, de forma unui *by-pass* peste clapeta de acceleraţie, controlează aerul suplimentar furnizat motorului necesar funcţionării la o turaţie mai mare. Debitul de aer suplimentar este determinat pe baza unei dependenţe de temperatură. Funcţie de aerul suplimentar se dozează şi o cantitate corespunzător mai mare de benzină pentru injectoarele electromagnetice. Adaptarea precisă la aceste condiţii este asigurată de un dispozitiv de aer suplimentar, cu lamelă bimetalică încălzită electric. Dispozitivul controlează secţiunea de curgere efectivă a aerului suplimentar din circuitul by-pass. Întrucât dispozitivul este plasat pe chiulasă, temperatura motorului determină cantitatea suplimentară de aer iniţial printr-o anumită deformare specifică a lamelei bimetalice, încălzirea electrică fixând astfel numai timpul până la deconectare.

Controlul computerizat al injecţiei de benzină poate asigura îmbogăţirea amestecului în faza de încălzire după o funcţie de turaţia motorului şi sarcină, în locul unei simple dependenţe de temperatură, posibilă cu sistemele clasice cu carburator. Aceasta permite să se asigure o îmbogăţire mai mare pentru un răspuns bun la acceleraţie şi o conduită bună în conducere (dinamică bună a motorului), iar pentru regimurile necritice, o îmbogăţire mai mică (economicitate).

Sensorul de temperatură se montează în blocul motor la motoarele răcite cu aer şi în circuitul de răcire la motoarele răcite cu apă. Sensorii de temperatură cei mai des utilizaţi sunt de tipul rezistor semiconductor.

În cazul *mersului în gol*, consumul de benzină este determinat în principal de eficienţa termică a motorului şi de turaţia de mers în gol. Dacă amestecul este prea sărac apar rateuri, determinând un mers brutal, cu solicitări mecanice mari ce provoacă uzură, iar dacă este prea bogat, consumul de benzină şi nivelul noxelor devin excesive.

Un aspect deosebit de important este acela că, în trafic aglomerat, peste 30% din benzina consumată de motorul unui automobil se datorează mersului în gol. Din acest motiv, mersul în gol trebuie menţinut la o turaţie cât mai scăzută. Pe de altă parte însă, turaţia de mers în gol trebuie să fie suficientă pentru a putea menţine o instalaţie electrică încărcată (eventual cu compresor pentru aer condiţionat), sarcina unei transmisii automate etc. Cum la cuplarea acestor sarcini apar încărcări de valori relativ mari, trebuie să se evite şocurile ce caracterizează un mers brutal sau, în extremis, oprirea motorului.

Controlul electronic al amestecului de mers în gol permite reducerea consumului de benzină pentru acest regim de funcţionare şi prin acesta consumul în traficul urban. O turaţie de mers în gol prea mare, deşi asigură o stabilitate mai bună, creşte consumul de benzină pe durata mersului în gol şi în

Scanned with OKEN Scanner

acest fel consumul global. Problema este de a asigura cantitatea de amestec strict necesară pentru a menţine o turaţie prestabilită, de valoare relativ scăzută, indiferent de sarcina motorului. Într-o astfel de concepţie a controlului injecţiei, se pot menţine şi niveluri constante ale emisiilor poluante pe durate mari de timp. De asemenea, se compensează, într-o anumită măsură, modificările datorate uzurii motorului. Controlul electronic permite stabilizarea efectivă a turaţiei de mers în gol.

Elementul funcţional principal utilizat pentru controlul electronic al funcţionării motorului în regimul de mers în gol este un dispozitiv electromecanic de control al aerului suplimentar. Dispozitivul, de tip rotativ sau liniar, deschide un by-pass peste clapeta de acceleraţie, permiţând astfel prescrierea turaţiei de mers în gol. Debitmetrul de aer înregistrează aerul suplimentar, cantitatea de benzină injectată putând fi modificată în mod corespunzător, conform criteriilor de control precizate. Ca urmare a controlului secţiunii efective a circuitului de aer, realizat de dispozitivul de mers în gol, motorul primeşte o anumită cantitate de aer prin by-pass-ul peste clapeta de acceleraţie, în concordanţă cu deviaţia valorii reale a turaţiei instantanee de mers în gol de la valoarea prescrisă. Controlul este conceput în buclă închisă, astfel că în final se obţine o stabilizare a turaţiei de mers în gol.

Stabilirea cu precizie a regimurilor de funcţionare ale motorului este realizată în unitatea electronică de control, pe baza evaluării unor informaţii despre temperatură şi poziţia clapetei de acceleraţie. În acest mod se pot evita erorile de funcţionare ce pot apărea la temperaturi scăzute sau la acţionarea clapetei de acceleraţie.

Informaţii despre anumite poziţii particulare ale clapetei de acceleraţie sunt furnizate unităţii electronice de întrerupătorul clapetei de acceleraţie. Acesta sesizează, funcţie de poziţia clapetei, regimurile de „mers în gol“ (clapetă complet închisă) şi „sarcină plină“ (clapetă complet deschisă). Întrerupătorul clapetei este acţionat de axul clapetei, printr-un cuplaj mecanic adecvat. Elementul funcţional principal al dispozitivului este o camă ce antrenează la un capăt un contact la mersul în gol, iar la celălat capăt, corespunzător sarcinii pline, acţionează un alt contact. Sesizarea celor două regimuri de funcţionare este esenţială pentru sistemul de control al motorului.

În general, pentru mersul în gol constant („rotund“) şi pentru un răspuns bun la cererea de acceleraţie, la mersul în gol se foloseşte un amestec puţin mai bogat decât este necesar. Sistemele electronice evoluate (cu controlul simultan al injecţiei şi aprinderii) asigură aceste cerinţe numai din controlul aprinderii, fără a afecta amestecul. La acelerare însă, o anumită îmbogăţire a amestecului îmbunătăţeşte conduita în conducere şi reduce emisiile poluante.

La *sarcină plină* motorul trebuie să furnizeze puterea sa maximă. Ca urmare, în acest caz amestecul este mai bogat decât pentru orice sarcină parţială. Când, pe baza informaţiei de la întrerupătorul clapetei de acceleraţie, se detectează regimul de sarcină plină, unitatea electronică comandă creşterea corespunzătoare a timpilor de injecţie şi prin aceasta îmbogăţirea amestecului. Îmbogăţirea este dependentă numai de turaţia motorului, asigurând astfel suprimarea efectului fluctuaţiilor de semnal de la debitmetrul de aer. În acest mod motorul dezvoltă cuplul maxim posibil pe întreg domeniul de funcţionare.

Scanned with OKEN Scanner

După cum s-a mai menţionat, condiţia de cuplu maxim se obţine pentru o valoare $\lambda = 0,9 \ldots 0,95$.

Pe durata *decelerării*, sistemul electronic comandă întreruperea completă a alimentării cu benzină, ceea ce conduce la reducerea consumului, mai ales în traficul urban unde regimul dinamic de utilizare a motorului este mai accentuat. Cum nu se mai consumă benzină, nu mai sunt nici emisii poluante. Întreruperea alimentării cu benzină intră în acţiune cu o anumită întârziere, asigurându-se o trecere lină spre frâna de motor. În momentul în care turaţia motorului scade sub o valoare prestabilită puţin mai mare decât turaţia de mers în gol, alimentarea cu benzină este reluată şi revine la normal pe durata câtorva cicluri. În acest mod se asigură o tranziţie lină spre regimul de mers în gol.

Pentru *accelerare*, unitatea electronică asigură un dozaj îmbogăţit. Dacă clapeta de acceleraţie se deschide brusc la o turaţie constantă a motorului, amestecul este momentan sărăcit. Pentru o bună comportare tranzitorie, apare ca necesară îmbogăţirea de scurtă durată a amestecului. Cererea de acceleraţie este sesizată de unitatea centrală pe baza creşterii semnalului de sarcină (prin calculul diferenţelor). Când se detectează o astfel de cerere, se iniţiază îmbogăţirea amestecului din criteriul de asigurare a cuplului maxim, spre valori $\lambda = 0,9$. Un aspect aparte al controlului injecţiei în regim de accelerare apare pe timpul încălzirii. În acest caz, îmbogăţirea de bază pentru acceleraţie (corespunzătoare regimului termic stabilizat - motor cald) nu este suficientă din cauza amestecului mai puţin omogen şi a condensării benzinei. Apare prin urmare necesitatea unei îmbogăţiri suplimentare, dependentă de temperatură.

Pentru controlul riguros al dozajului trebuie să se ţină seama de densitatea aerului ce participă la formarea amestecului. Conform ecuaţiei de stare a gazelor, densitatea depinde de temperatura şi presiunea acestuia. *Temperatura aerului în admisie* se măsoară de regulă cu ajutorul unui traductor rezistiv. Astfel, ştiind că aerul rece este mai dens decât cel cald, rezultă că la creşterea temperaturii, cantitatea (masa) de aer descreşte (pentru acelaşi volum). Pentru a compensa această variaţie se măsoară temperatura aerului în circuitul de admisie. Informaţia este preluată de unitatea de control şi utilizată pentru a include valoarea măsurată într-un factor de îmbogăţire corespunzător, ce afectează în final timpul de injecţie. De regulă, traductorul temperaturii aerului din admisie se fixează în interiorul debitmetrului de aer (unde parametrii de stare ce caracterizează aerul sunt practic identici, atât pentru măsurarea debitului, cât şi a temperaturii).În acest mod se realizează cea mai bună corelaţie între volum şi masă.

Pentru funcţionarea motoarelor în *munţi de mare altitudine*, apare necesitatea măsurării presiunii atmosferice. Datorită scăderii densităţii aerului prin reducerea presiunii atmosferice, debitul volumetric măsurat de debitmetrul de aer mai corespunde etalonării numai la debite masice mici. Pentru a corecta aceste erori se folosesc traductoare de presiune adecvate (numite şi traductoare altimetrice), informaţiile fiind preluate şi prelucrate de unitatea centrală. Corecţia altimetrică permite compensarea parţială a pierderii de putere şi evitarea supraîncălzirii motoarelor, fenomene tipice ce apar în astfel de condiţii de funcţionare.

Fluctuaţiile tensiunii bateriei afectează timpii de deschidere şi închidere a injectoarelor electromagnetice şi prin aceasta valoarea dozajului pentru o

Scanned with OKEN Scanner

anumită durată a impulsului de acţionare. Pentru a compensa efectul scăderii tensiunii bateriei, unitatea de control măreşte timpul de injecţie pe baza unor dependeţe memorate între dozaj şi tensiune (stabilite experimental).

4.2. CONSIDERENTE PRIVIND CONTROLUL ELECTRONIC AL APRINDERII

Pentru a îmbunătăţi procesele ce se desfăşoară în motor în întregul său este necesară adaptarea optimală a aprinderii la condiţiile concrete de funcţionare.

Deoarece controlul electronic al injecţiei de benzină impune necesitatea determinării unui număr semnificativ de date de funcţionare ce influenţează şi aprinderea, date prelucrate de unitatea centrală, includerea aprinderii în acelaşi sistem de control apare ca un pas logic normal. Pe de altă parte, pe baza principiilor de control ce vor fi prezentate în cele ce urmează, se realizează şi sisteme de control integral electronic al aprinderii de sine stătătoare. Aceste sisteme pot fi întrebuinţate pe motoare alimentate atât prin injecţie, cât şi cu carburatoare. Utilizarea unui control simultan, cu un singur sistem, atât al injecţiei, cât şi aprinderii asigură însă un grad de fineţe şi subtilitate imposibil de atins în orice altă concepţie, datorită corelaţiilor extrem de complexe ce apar.

În ceea ce priveşte controlul aprinderii, în primul rând s-au avut în vedere problemele legate de detonaţie. Rapoartele de compresie ridicate, preferate azi la motoarele cu aprindere prin scânteie, cresc pericolul detonaţiei. Detonaţia se manifestă în două moduri: aşa-numita detonaţie de acceleraţie, la turaţii mici şi sarcini mari (audibilă sub forma de „bătaie“) şi detonaţia la sarcini mici şi turaţii ridicate (ce nu este audibilă). Cea de-a doua formă este în mod deosebit periculoasă pentru motor, fiind practic imposibil de detectat „după ureche“ (aici chiar la modul propriu).

Când apare detonaţia înseamnă că scânteia a fost produsă cu un avans prea mare. Detonaţia determină creşterea temperaturii în camera de ardere, ceea ce poate conduce la autoaprindere şi la creşterea bruscă a presiunii de ardere. Această ardere violentă determină fluctuaţii de presiune suprapuse variaţiilor normale de presiune din fiecare cilindru. Undele de presiune ce apar provoacă vibraţii ale pereţilor cilindrilor, respectiv sunete (zgomote). Întrucât zgomotul normal al motorului „îneacă“ zgomotul de detonaţie la turaţie ridicată, detonaţia audibilă (cea de la turaţii scăzute) nu prezintă o imagine completă a comportării motorului la detonaţie. Fenomenul de detonaţie poate fi totuşi înregistrat cu precizie cu ajutorul echipamentelor electronice.

Funcţionarea cu detonaţie poate determina defecţiuni serioase ale motorului, afectând segmenţii, pistoanele, cuzineţii şi bujiile. Pe de altă parte însă, din considerente de randament al procesului de ardere şi prin aceasta şi al motorului, este de dorit un avans la aprindere cât mai mare posibil. Prin urmare, conform celor arătate, funcţionarea cu cele mai bune performanţe a motorului, fără riscul defectelor majore datorate detonaţiei, deplasează valoarea optimă a avansului la aprindere către limita de detonaţie.

Scanned with OKEN Scanner

Tendinţa de detonaţie depinde, printr-un cumul complex de factori, printre altele, de proiectarea motorului (forma camerei de ardere, uniformitatea amestecului aer-benzină, forma galeriei de admisie) şi de calitatea benzinei. Carburanţii pentru motoarele cu aprindere prin scânteie sunt amestecuri de hidrocarburi cu diferite structuri chimice. Punctul lor de fierbere este cuprins între 30°C şi 215°C. Pentru îmbunătăţirea caracteristicilor, benzinele conţin alchili şi alţi aditivi, iar mai recent s-au adăugat, în procente reduse, componente conţinând oxigen, cum ar fi alcool şi eter.

Calitatea antidetonantă a benzinelor pentru motoarele cu aprindere prin scânteie este indicată de cifra octanică: cu cât această cifră este mai mare, cu atât benzina este mai rezistentă la detonaţie. Pentru fiecare tip de motor, proiectantul prescrie cifra octanică minimă necesară funcţionării fără detonaţie.

Un aspect deosebit de util de amintit este acela care exprimă relaţia dintre consumul specific de benzină şi coeficientul excesului de aer la o fixare optimă a avansului la aprindere. Se cunoaşte faptul că arderea amestecurilor bogate este incompletă datorită insuficienţei aerului, la fel ca şi în situaţia atingerii limitei de sărăcire. Ambele situaţii conduc la consumuri specifice mai mari. Pe măsura creşterii valorii coeficientului excesului de aer λ se constată o întârziere la aprindere mai mare. Pentru a menţine o ardere eficientă, acest fenomen trebuie compensat prin creşterea corespunzătoare a avansului la aprindere.

Pe lângă turaţie şi sarcină, ca mărimi determinante, avansul optim la aprindere depinde şi de o serie de alte mărimi ce intervin ca parametri. Printre acestea putem menţiona temperatura motorului şi temperatura aerului în admisie. Valoarea avansului are efecte semnificative în ceea ce priveşte răcirea motorului, temperatura gazelor din evacuare, precum şi caracteristica de accelerare. Prin intermediul reglării avansului se urmăresc aprinderea şi arderea amestecului aer-benzină în mod satisfăcător în toate condiţiile de funcţionare.

Iniţial mecanismul de avans centrifugal a fost singurul mod de a obţine o dependenţă de turaţie a curbei avansului la aprindere pentru motor. Acest dispozitiv produce doar o simplă dependenţă a avansului funcţie de turaţie, fără nici o altă posibilitate de adaptare la anumite situaţii. În prezent, fiind disponibile sisteme electronice de control evoluate, avansul la aprindere poate urmări mai multe tipuri de dependenţe, mult mai eficiente, în general şi mai adaptate diferitelor situaţii concrete, în particular, ceea ce deschide noi posibilităţi de control al proceselor de aprindere şi ardere. Procesarea datelor complexe de funcţionare, incluzând dependenţa avansului la aprindere de sarcină şi turaţie, este posibilă în unitatea electronică de control computerizat, având la bază memorarea unei cartograme caracteristice. De asemenea, sistemele computerizate puternice permit luarea în considerare a anumitor parametri şi situaţii de funcţionare, în vederea aplicării unor corecţii ale avansului la aprindere. Ca urmare, unghiul de avans poate fi modificat în funcţie de răcirea motorului, temperatura aerului din admisie şi adaptat cerinţelor de accelerare, decelerare, sarcină plină şi mers în gol. Eficienţa controlului devine în acest fel cu totul remarcabilă, la niveluri imposibil de imaginat cu regulatoare clasice (mecanice). Trebuie menţionată şi fineţea deosebită cu care se poate efectua controlul electronic al avansului la aprindere. Astfel, se lucrează în mod curent cu rezoluţii de control al avansului de 0,1° ,..., 0,3° (rotaţie arbore cotit).

Scanned with OKEN Scanner

4.2.1. Controlul electronic al aprinderii

Controlul electronic al aprinderii se realizează, pornind de la o cartogramă, de către microcomputer, care calculează unghiul de avans la aprindere în intervalul de timp disponibil dintre două impulsuri de aprindere. Valoarea determinată este o funcţie complexă, obţinută pe baza informaţiilor primite despre sarcina şi turaţia motorului, temperaturi şi poziţia clapetei de acceleraţie. Algoritmul de prelucrare urmăreşte adaptarea rapidă la fiecare condiţie de funcţionare, asigurându-se performanţe optime în ceea ce priveşte consumul şi emisiile poluante.

Cartograma avansului la aprindere este determinată mai întâi punct cu punct prin probe de stand şi apoi optimizată prin probe de mers cu automobilul, pentru a satisface anumite criterii, cum ar fi: consum minin, emisii poluante reduse şi conduită bună în conducere (*driveability*). După efectuarea tuturor probelor, informaţiile se memorează în memoria fixă a unităţii centrale, astfel încât caracteristicile de comandă ale aprinderii rămân neschimbate pentru toată durata de utilizare a motorului. Pe baza valorilor memorate ale cartogramei, microcomputerul calculează poziţia următorului punct de aprindere. Pornind de la influenţa altor factori, cum ar fi răcirea motorului, temperatura aerului din admisie, poziţia clapetei de acceleraţie, sistemul electronic determină anumite ajustări ale valorii avansului la aprindere. Algoritmul de corecţie conduce la fixarea optimă a unghiului de aprindere.

Controlul electronic al avansului la aprindere permite reducerea consumului de benzină, în principal prin două trăsături deosebit de importante:

– prin reducerea marjei de siguranţă la detonaţie şi plasarea punctului de aprindere mai aproape de valoarea ideală pentru cuplu maxim. Aceasta determină o utilizare mai eficientă a benzinei şi un cuplu mai ridicat. Varianta constructivă ce valorifică cel mai bine această trăsătură foloseşte traductorul de turaţie de tip inductiv, ce preia informaţia direct de la arborele cotit. În acest fel se asigură o precizie mai bună decât dacă se foloseşte un sensor Hall sau inductiv plasat în distribuitor;

– prin memorarea digitală a cartogramei, situaţie în care punctul de aprindere pentru fiecare condiţie poate fi fixat fără a fi afectat de punctele corespunzătoare pentru alte condiţii. Trecerea pe cartogramă de la un punct de funcţionare la altul se face fără nici o întârziere, în intervalul de timp disponibil dintre două impulsuri de aprindere, spre deosebire de regulatoarele mecanice (centrifugale), care, datorită inerţiei, provoacă întârzieri ale răspunsului. Aceasta măreşte eficienţa motorului, flexibilitatea sa şi reduce consumul de carburant.

Adaptările pentru diferitele condiţii de funcţionare sunt realizate prin ajustarea valorii avansului la aprindere, urmând anumite criterii ponderate în grade diferite. Aceste criterii sunt:

– consumul de carburant;
– cuplul;
– emisiile poluante;
– tendinţa de detonaţie;
– conduita în conducere.

Scanned with OKEN Scanner

Prioritățile de fixare a avansului sunt astfel, la mersul în gol, emisii poluante reduse, funcționare fără rateuri (mers „rotund") și economie de benzină, în timp ce pentru sarcini parțiale se urmăresc economicitatea și conduita în conducere. Pentru sarcină plină criteriul de optimizare este cuplul maxim, fără apariția detonației.

La pornire și în toate regimurile de funcționare, corecțiile determinate de unitatea centrală se aplică valorilor memorate ale cartogramei.

Unitățile de control computerizat permit și adaptarea caracteristicilor de aprindere în funcție de calitatea benzinei. Astfel, dacă se folosește o benzină cu o cifră octanică mai mică decât cea normală, sistemul corectează valorile avansului în funcție de aceasta. Corecția realizată prezintă interes deosebit în special în domeniul sarcinilor mari, când apare riscul de detonație. Pentru obținerea acestei facilități, conducătorul auto are la dispoziție un comutator ce este conectat la unitatea electronică de control. În esență, adaptarea avansului la reducerea cifrei octanice se realizează printr-o anumită reducere a valorilor utilizate în controlul aprinderii, luând ca referință tot o cartogramă memorată. Pentru a evita detonația cu benzine cu cifre octanice scăzute, controlul electronic comută funcționarea sistemului de aprindere după o cartogramă adecvată ce asigură reducerea avansul numai la sarcini mari și la sarcină plină.

Posibilitatea de a ajusta avansul pe baza interacțiunilor logice dintre diferitele semnale permite adaptarea individuală a sistemului după condițiile de funcționare ale fiecărui motor.

O atenție deosebită este acordată cerințelor specifice ale motorului în condiții particulare de funcționare, cum ar fi pornirea, mersul în gol, decelerarea și sarcina plină. De exemplu, pe durata pornirii avansul se fixează dependent de turația arborelui cotit, ceea ce îmbunătățește capacitatea de pornire.

Un alt aspect, deosebit de important, se referă la efectul avansului la aprindere asupra nivelului noxelor din evacuare. Se poate remarca o dependență complexă dintre avansul la aprindere, coeficientul λ și nivelul noxelor din gazele de evacuare. Astfel, sub $\lambda = 1,2$, creșterea avansului conduce la mărirea emisiilor de hidrocarburi, dar în același timp deplasează limita de sărăcire mai departe în domeniul amestecurilor sărace. Pentru coeficienți de exces de aer de $\lambda = 1,25$ și mărirea avansului, emisiile de hidrocarburi scad.

Creșterea temperaturii gazelor în procesul arderii la valori ridicate ale avansului la aprindere explică puternica influență a avansului asupra emisiilor de NO_x. Acestea cresc rapid o dată cu creșterea avansului.

La încercările de satisfacere a reglementărilor privind emisiile poluante, prin funcționarea motorului în domeniul $\lambda = 1.2 \ldots 1.4$ (cu consumuri de benzină reduse), cerințele cele mai dificil de satisfăcut privesc sistemul de aprindere.

4.2.2. Controlul Dwell în buclă închisă

O altă particularitate de funcționare a sistemului de aprindere cu asistare electronică este controlul în buclă închisă după unghiul Dwell. Problema care

Scanned with OKEN Scanner

apare în cazul sistemului clasic de aprindere este aceea că, la unghi Dwell constant, energia înmagazinată în câmpul magnetic al bobinei de inducţie scade cu creşterea frecvenţei de aprindere, din cauza scurtării timpului de conducţie a curentului primar. Aceasta conduce la micşorarea înaltei tensiuni disponibile pentru aprinderea amestecului. Problema constă în a asigura cerinţele de putere ale sistemului, cu un minim de pierderi în bobină şi tranzistorul final, respectiv curentul din primar trebuie să atingă o anumită valoare (instantanee) în punctul de aprindere. Apare ca imperios necesară o formă de control asupra unghiului Dwell. Într-o astfel de tratare, timpul de circulaţie a curentului prin primarul bobinei de inducţie este controlat în concordanţă cu turaţia motorului şi tensiunea bateriei. Ca urmare, curentul stabil ce se atinge la sfârşitul perioadei de conducţie capătă valoarea dorită (corespunzătoare energiei necesare pentru producerea scânteii şi fără pierderi inutile).

O aspect special apare în cazul acceleraţiilor la turaţii reduse. În aceste situaţii pot apărea variaţii rapide ale valorii turaţiei, ceea ce provoacă variaţii semnificative ale unghiului Dwell (pentru aceeaşi valoare a timpului Dwell). Ca urmare, la turaţii reduse ale motorului se aplică o corecţie de acceleraţie, astfel încât pe durata accelerării să se atingă valoarea dorită a curentului primar, în pofida unghiurilor Dwell mai scăzute. Etajul final limitează curentul, astfel încât, dacă acesta atinge valoarea sa finală înaintea punctului de aprindere (datorită variaţiilor rapide ale turaţiei), valoarea este menţinută constantă până în momentul declanşării aprinderii. În acest mod se elimină pierderile inutile de energie prin căldură (prin efect Joule în circuitul primar al bobinei de inducţie), ce cresc o dată cu mărirea curentului primar şi se evită solicitările la supracurent ale etajului (tranzistorizat) de ieşire al blocului de control al aprinderii.

4.2.3. **Circuitul de înaltă tensiune**

Pentru realizarea funcţiei de aprindere este necesar un *circuit de înaltă tensiune*. Acesta constă din: bobină de inducţie; distribuitor de înaltă tensiune; bujii; fişe de bujii (preferabil de tip atiparazit).

În comparaţie cu sistemul clasic (chiar tranzistorizat) prevăzut cu distribuitor, sistemele computerizate de control al aprinderii folosesc un distribuitor de înaltă tensiune mult simplificat, antrenat direct de axul cu came. Simplificarea provine din eliminarea din structură a regulatoarelor centrifugal, vacuumatic, precum şi a ruptorului, funcţiile lor fiind preluate de unitatea centrală.

Primarul bobinei de inducţie este conectat la borna pozitivă a bateriei prin intermediul unui întrerupător al aprinderii („contact"). Pe durata conducţiei circuitului primar, bobina este conectată la masă prin tranzistorul de ieşire al unităţii de control. Momentul aprinderii şi unghiul Dwell sunt fixate de unitatea de control. Distribuitorul din sistem are unica funcţie de a distribui înalta tensiune spre bujii.

Scanned with OKEN Scanner

4.2.4. Adaptarea controlului aprinderii la diferite regimuri de funcţionare

La pornire, punctul optim de aprindere depinde de turaţie şi de temperatură: cu motor rece şi turaţii reduse, punctul ideal este plasat lângă p.m.i.. Dacă avansul este prea mare ($\beta > 10$ °RAC), pot apărea cupluri inverse, pornirea fiind mult mai dificilă, uneori chiar imposibilă (apare riscul ca motorul să fie „dat peste cap"). Pe măsură ce turaţia motorului în faza de pornire creşte, un anume avans asigură o comportare mai bună. Cu motor cald, cuplurile inverse apar pentru avansuri mai mici decât în cazul motorului rece (datorită accelerării proceselor de ardere). La multe motoare cu rapoarte de comprimare ridicate apare tendinţa de detonaţie la pornire cu motor cald. Ca urmare, reducerea avansului la aprindere se impune ca necesară pentru pornirea motoarelor calde. Se poate concluziona că dependenţele sunt suficient de complicate pentru a fi abordate într-o soluţie constructivă clasică. În aceste cazuri problema este tratată în mod simplist, prin utilizarea unui avans la aprindere redus, care să evite fenomenele menţionate în orice condiţii de pornire. Utilizarea controlului computerizat permite adaptarea avansului la condiţiile concrete specifice, ceea ce îmbunătăţeşte semnificativ procesul de pornire a motorului, cu toate efectele benefice ce decurg de aici.

În principiu, în faza de pornire avansul la aprindere este mărit pentru o scurtă perioadă de timp. Avansul suplimentar este riguros controlat în funcţie de temperatură şi după un anumit timp se anulează.

Şi pe durata *fazei de încălzire* se realizează o anumită ajustare a avansului la aprindere. Un avans suplimentar pentru sarcini parţiale îmbunătăţeste comportarea în conducere pe durata fazei de încălzire. Avansul la aprindere este controlat pe baza unei legi de dependenţă de temperatura motorului.

Controlul electronic al avansului la aprindere se dovedeşte remarcabil de eficient pentru regimul de mers în gol. În cazul soluţiilor clasice, la mersul în gol se fixează un amestec puţin mai bogat decât este necesar, pentru a asigura o turaţie constantă (mers „rotund") şi pentru un răspuns bun la cererea de acceleraţie. Sistemele computerizate asigură aceste cerinţe numai din controlul aprinderii, fără a afecta amestecul. Într-o astfel de structură de control, unghiul de avans la aprindere pe durata mersului în gol poate căpăta o valoare mai mare decât în cazul distribuitoarelor mecanice. În situaţia menţionată nu mai sunt utilizate valorile de la pornire sau din faza de încălzire (minimizate din criteriul evitării detonaţiei), avansul putând fi optimizat din considerente de randament şi emisii poluante. Principiul de control utilizat constă în aceea că avansul creşte o dată cu scăderea turaţiei, astfel încât mersul în gol tinde să se stabilizeze, ca rezultat al creşterii cuplului. Câştigul de cuplu apărut astfel permite reducerea consumului de benzină, întrucât turaţia de mers în gol nu mai trebuie să fie fixată atât de sus pentru a putea asigura stabilitatea la cuplarea diferitelor sarcini (transmisii automate, aer condiţionat etc.). Pe de altă parte însă, la accelerare o anumită îmbogăţire a amestecului îmbunătăţeşte conduita în conducere şi reduce emisiile poluante. Îmbogăţirea amestecului la apariţia unei cereri de accelerare de la regimul de mers în gol va constitui evident sarcina controlului

Scanned with OKEN Scanner

electronic al injecţiei, ceea ce evidenţiază eficienţa deosebită a controlului unic al aprinderii şi alimentării (cu acelaşi sistem electronic).

În cazul funcţionării *la sarcină plină*, avansul la aprindere este fixat din condiţia de cuplu maxim, fără apariţia detonaţiei. Posibilităţile deosebite de control permise de sistemele computerizate, asigură alegerea unei curbe de control al avansului care să ducă motorul cât mai aproape de limita de detonaţie, unde cuplul dezvoltat de motor atinge valoarea sa maximă. Unitatea de control ia în considerare dependenţa limitei de detonaţie de temperatura aerului în admisie şi a motorului, prin intermediul unor funcţii corespunzătoare. Se asigură astfel o marjă de siguranţă faţă de limita de detonaţie condiţionată de motor, parametrii de funcţionare şi dozaj.

Pe durata decelerării aprinderea este întârziată faţă de momentul normal, ceea ce conduce la o trecere lină spre frâna de motor. În cazul mersului în gol forţat, la sistemele de control electronic, din considerente de economie şi poluare, alimentarea cu benzină se suspendă. În momentul în care însă turaţia motorului scade sub o valoare prestabilită (puţin mai mare decât turaţia de mers în gol), alimentarea cu benzină se reia şi revine la normal pe durata câtorva cicluri. În acest interval de revenire a alimentării, unitatea de control comandă creşterea avansului în mod gradat, ceea ce asigură o tranziţie lină spre regimul de mers în gol (stabilizat).

În regim de accelerare se impune o limitare la schimbarea punctului de aprindere, ceea ce asigură tranziţii line la modificarea sarcinii. Dacă sarcina se modifică brusc, cu o diferenţă mai mare decât o valoare de prag prestabilită, controlul electronic asigură o întârziere a aprinderii faţă de punctul normal (reduce avansul faţă de valoarea prescrisă în cartograma de aprindere). Apoi, gradat, într-un anumit interval de timp, punctul de aprindere revine la valoarea indicată de cartogramă. Se evită astfel detonaţiile scurte de acceleraţie ce apar în unele motoare pentru valoarea normală a avansului (de regim staţionar), când începe accelerarea bruscă (regim dinamic pronunţat). În acelaşi timp, pe baza acestei strategii de control, se reduc şi emisiile de NO_x ce apar în mod normal pe durata accelerării.

Ca regulă generală, în cazul în care apare necesară o modificare bruscă a unghiului de aprindere, ce poate afecta răspunsul motorului, schimbarea este realizată de sistem în mod gradat, pentru a reduce la minimum şocurile. Cum schimbarea rapidă a sarcinii nu trebuie să fie însoţită nici de detonaţie, sistemul electronic de control este cel care asigură avansul la aprindere corect.

O altă regulă cu grad mare de generalizare pentru controlul avansului ţine seama de faptul că la modificarea temperaturii aerului se modifică mulţi din parametrii de ardere. Astfel, la creşterea temperaturii aerului, avansul trebuie să scadă pentru a evita detonaţia.

Fluctuaţiile tensiunii bateriei afectează şi timpul Dwell. Pentru a compensa efectul scăderii tensiunii bateriei, unitatea de control extinde în mod corespunzător durata Dwell.

Semnalul de aprindere. Principiul obţinerii semnalului de aprindere rezultă din fig. 4.3.

Scanned with OKEN Scanner

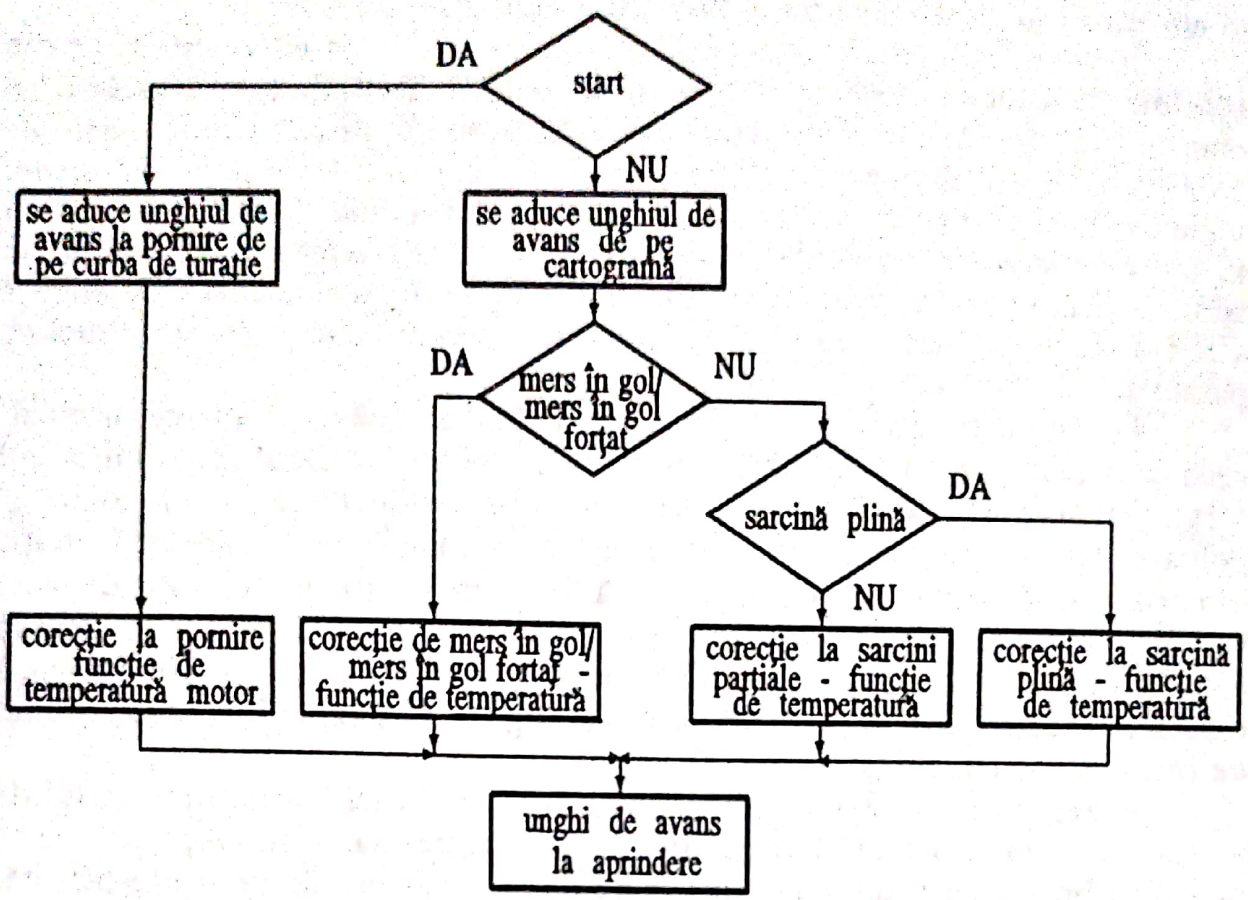


Figura 4.3

Microcomputerul unităţii de control calculează un unghi de aprindere pe baza informaţiilor despre turaţia motorului, sarcinii de intrare, precum şi diferiţilor factori de corecţie. Punctul de aprindere astfel stabilit este transmis ca front de antrenare a semnalului de aprindere. Pe baza criteriilor de control menţionate anterior, microcomputerul determină valoarea necesară a unghiului Dwell, pentru a corespunde frontului de sfârşit al impulsului de aprindere. Semnalul, a cărui durată este tocmai durata Dwell, controlează curentul prin bobina de inducţie prin intermediul etajului de ieşire (tranzistorizat) al aprinderii, astfel încât, la momentul aprinderii, să fie disponibilă suficientă energie la bujii. Semnalele de ieşire din microcomputer sunt prea slabe pentru a acţiona elementele de execuţie şi din acest motiv trebuie amplificate în putere de etajele de ieşire corespunzătoare.

Etajul de ieşire al aprinderii. Prima funcţie a etajului de ieşire este amplificarea de curent. Timpul de circulaţie a curentului prin primarul bobinei de inducţie (timpul Dwell) este determinat, după cum s-a menţionat, de microcomputer pe baza tensiunii bateriei şi a turaţiei motorului. În acest mod, energia de aprindere poate avea valoarea dorită pe toată perioada de funcţionare, în toate regimurile motorului. Din raţiuni de siguranţă, etajul de ieşire încorporează un circuit de control ce limitează valoarea maximă a curentului primar.

Scanned with OKEN Scanner

4.2.5. Controlul detonaţiei

Controlul detonaţiei poate fi asigurat de un sistem independent ce poate fi combinat însă, pentru o eficienţă şi mai mare, cu un sistem computerizat de control al aprinderii.

În încercarea de a reduce consumul de benzină şi a creşte cuplul motor, specialiştii s-au orientat în direcţia creşterii rapoartelor de comprimare. Această soluţie este însă însoţită de pericolul arderilor violente, cu detonaţie, asociate cu şocuri termice şi mecanice apreciabile asupra părţilor componente ale motorului, ce pot provoca defecte grave. Arderea cu detonaţie este însoţită de zgomote supărătoare ce rezultă din vibraţiile gazelor.

Controlul electronic permite fixarea avansului cu precizie foarte mare, în limitele permise de cartograma memorată. Este necesară însă o anumită marjă de siguranţă faţă de limita de detonaţie, ceea ce impune o anumită reducere a avansului la aprindere. Dacă detonaţia trebuie evitată cu orice preţ, reducerea avansului este şi mai mare (pentru a creşte marja de siguranţă), conducând la rezultate negative în ceea ce priveşte puterea şi economicitatea.

Limita de detonaţie depinde într-un mod complex de mai mulţi factori: depunerile din motor (calamină), forma camerei de ardere, calitatea benzinei (cifra octanică), densitatea aerului (temperatură şi presiune) şi temperatura motorului.

Arderea cu detonaţie produce vibraţii în blocul motor cu frecvenţe caracteristice de 5 ... 10 *KHz*, împreună cu armonicele corespunzătoare. Utilizarea unui sensor de detonaţie (vibraţii) permite detectarea prezenţei semnalelor de vibraţii specifice detonaţiei. Pe baza informaţiilor astfel obţinute se poate fixa cu precizie momentul aprinderii pentru condiţii normale de funcţionare şi elimina pericolul de detonaţie. Acest pericol poate fi înlăturat separat cu ajutorul unui control în buclă închisă. Ca urmare, raportul de comprimare poate fi crescut, rezultând o îmbunătăţire semnificativă a eficienţei termice.

În spectrul global al vibraţiilor captate de sensorul de detonaţie mai apar şi alte semnale (caracteristice funcţionării motorului), nu numai cele referitoare la detonaţie, ceea ce creează anumite dificultăţi în prelucrarea informaţiei. Totuşi, cu un circuit de filtrare adecvat se poate sesiza prezenţa vibraţiilor caracteristice detonaţiei. Soluţia este clasică, sensorul de detonaţie, de fapt un sensor de acceleraţie, foloseşte un element piezoceramic ce converteşte vibraţiile în semnal electric. După prelucrarea semnalului, ce presupune în principal amplificare (cu amplificator de sarcină) şi filtrare (pentru a separa componentele de semnal corespunzătoare vibraţiilor de detonaţie), cu o logică adecvată (cu prag), unitatea de control furnizează un semnal de tipul „detonaţie DA/NU". Când detonaţiile încep să apară (tendinţă de detonaţie), unitatea de control întârzie aprinderea cu o anumită valoare, micşorând unghiul de avans (de exemplu, 1,5° RAC). După această etapă, avansul este mărit treptat (cu valori mici), până la atingerea punctului de aprindere iniţial sau la înregistrarea prezenţei detonaţiei cu ajutorul sistemului de supraveghere menţionat.

În fig. 4.4 se prezintă câteva elemente grafice privind semnalele utilizate în sistemele electronice de control al detonaţiei.Corespunzător curbei (a) din

Scanned with OKEN Scanner

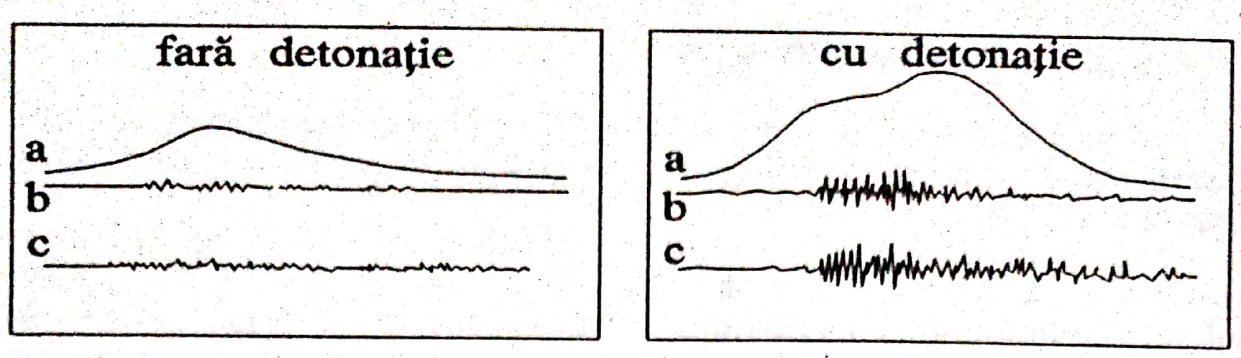


Figura 4.4:
a-presiunea în cilindru; *b*-semnal filtrat; *c*-semnal de la traductorul de presiune

cilindru, sensorul de detonaţie furnizează un semnal (c). Semnalul de vibraţie filtrat de sistem este descris de curba (b).

4.3. TEHNICI DE EVACUARE A GAZELOR

Una din problemele extrem de importante avute în vedere la realizarea sistemelor de control pentru motoarele cu aprindere prin scânteie este cea a reducerii nivelului noxelor din gazele de evacuare.

Dintre variantele utilizate în vederea reducerii poluării, tratarea catalitică permite reducerea într-o proporţie considerabilă a emisiilor toxice, fiind în prezent soluţia cea mai perfomantă.

Nivelul emisiilor poluante din gazele de evacuare ale unui motor poate fi influenţat în trei moduri. O primă posibilitate de influenţare a emisiilor poluante este pe durata etapei de formare a amestecului. A doua posibilitate constă în proiectarea adecvată a motorului (de exemplu, o formă optimă a camerei de ardere). A treia posibilitate se referă la tratarea catalitică a gazelor de evacuare, pe circuitul de evacuare al motorului, a cărei sarcină principală este completarea arderii benzinei. Evident că cele mai spectaculoase rezultate se pot obţine dacă se utilizează tratare catalitică pentru gaze de evacuare de la motoare ce respectă cel mai bine primele două criterii. Apare foarte limpede că aceste cerinţe vor fi îndeplinite cel mai bine de motoare controlate computerizat, atât pe partea de alimentare, prin injecţie, cât şi pe partea de aprindere.

Tratarea gazelor de evacuare se realizează cu ajutorul unui convertor catalitic, ce are două caracteristici notabile:

– convertorul catalitic susţine arderea (după evacuare) a CO şi a HC, cu degajarea de substanţe nedăunătoare, bioxid de carbon CO_2 şi apă H_2O;

– reduce azotul din oxizii de azot prezenţi în gazele de evacuare în azot neutru (N).

Tratarea catalitică a gazelor de evacuare este considerabil mai eficientă decât, de exemplu, arderea gazelor de evacuare într-un reactor termic (folosită în sistemele de depoluare mai vechi).

Eficienţa convertorului catalitic este exprimată prin faptul că peste 90% din substanţele toxice pot fi transformate în substanţe nepericuloase. Prin urmare, un automobil fără convertor catalitic produce o poluare egală cu zece

Scanned with OKEN Scanner

automobile prevăzute cu un astfel de sistem. În prezent cel mai răspândit este convertorul catalitic cu trei căi. Termenul de „trei căi" semnifică faptul că cele trei substanţe toxice CO, HC şi NO_x sunt degradate în acelaşi timp. Convertorul conţine o structură de tip fagure, din material ceramic, acoperit cu un metal preţios, de preferinţă platină sau rhodiu. Când gazele de evacuare curg prin fagure, platina sau rhodiul accelerează degradarea chimică a substanţelor toxice (prin efect de catalizator). În fig. 4.5 se prezintă efectul utilizării convertorului catalitic asupra nivelului emisiilor poluante din gazele de evacuare.

Cu asemenea convertoare catalitice nu se poate folosi decât benzina fără plumb (neetilată), întrucât plumbul distruge proprietăţile catalitice ale catalizatorului-metal nobil (plumbul acoperă suprafaţa catalizatorului şi îl dezactivează). O dată „infectat" cu plumb, metalul nobil al catalizatorului nu mai poate fi reactivat prin mijloace eficiente (atât din punct de vedere tehnic, cât şi economic). Ca urmare filtrul catalitic devine inactiv şi deci inutilizabil. Din punct de vedere economic paguba produsă este de ordinul a 1 500 - 2 000 $. Benzina fără plumb este o cerinţă prealabilă obligatorie pentru folosirea convertorului catalitic. Conversia catalitică presupune că motorul arde un amestec aer - benzină optimizat, caracterizat de factorul de exces de aer $\lambda = 1{,}00$ (stoichiometric). Este de asemenea obligatoriu ca acest factor să fie menţinut cu precizie la acest nivel, în caz contrar convertorul catalitic nemaifiind eficient. Chiar şi o deviaţie de 1% a factorului de exces de aer are efect negativ considerabil asupra posttratamentului. În aceste condiţii, chiar cel mai bun control în buclă deschisă este incapabil să menţină amestecul aer-benzină într-o toleranţă atât de strânsă şi într-o gamă largă de condiţii de funcţionare. Prin urmare, singura soluţie este folosirea unui control în buclă închisă, de mare acurateţe, care să reducă şi să menţină aproape de zero abaterea. Raţiunea este aceea că un control al amestecului în buclă deschisă calculează şi dozează cantitatea necesară de benzină, dar nu urmăreşte rezultatul. Controlul în buclă închisă, pe de alta parte, măsoară compoziţia gazelor de evacuare şi foloseşte rezultatele pentru a corecta dozarea benzinei. Rezultă prin urmare că această metodă de control este deosebit de eficientă la motoarele cu injecţie, întrucât în acest caz nu apar timpi de întârziere suplimentari rezultând din trasee de admisie lungi, specifice motoarelor cu carburator (răspunsul sistemului este mult mai prompt).

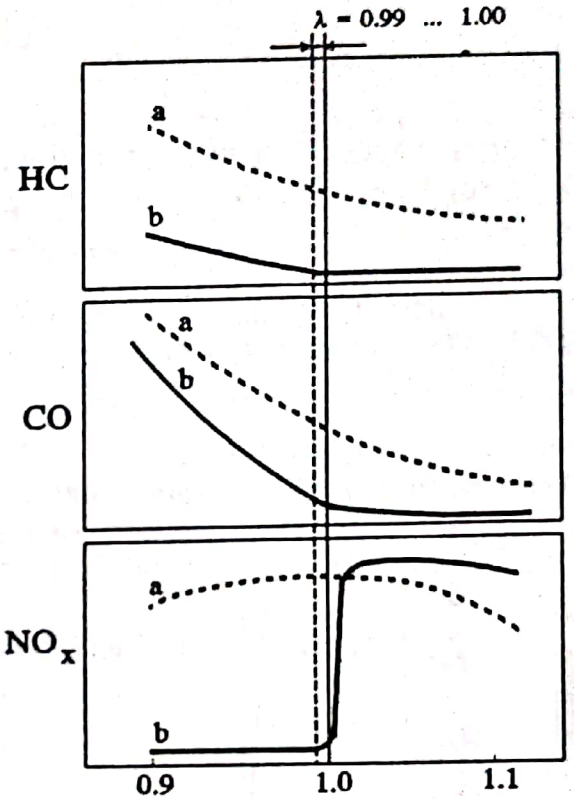


Figura 4.5:
a–cu tratament catalitic
b–fără tratament

Scanned with OKEN Scanner

4.3.1. Controlul Lambda în buclă închisă

Pentru controlul dozajului în buclă închisă, în circuitul de reacţie trebuie să fie folosit un sensor care să permită, printr-un mijloc oarecare, să se extragă informaţia despre valoarea coeficientului de exces de aer, λ. Această funcţie este realizată de *sensorul Lambda*, ce transmite la intrarea unităţii electronice de control o tensiune de semnal purtând informaţii despre compoziţia instantanee a amestecului aer-benzină. Metoada de măsurare folosită se referă de fapt la prezenţa oxigenului în gazele de evacuare. În cazul amestecurilor sărace, în gazele de evacure va fi prezent oxigenul, în timp ce pentru amestecuri bogate, concentraţia de oxigen se va reduce drastic. Tranziţia între cele două zone corespunde tocmai dozajului stoichiometric (λ = 1) care reprezintă valoarea necesară pentru funcţionarea eficientă a convertorului catalitic. Sensorul Lambda este montat în galeria de evacuare pentru a se menţine la temperatura necesară, prin încălzirea asigurată de gazele de evacuare fierbinţi, pe întreg domeniul de funcţionare a motorului [1], [3].

Curba de tensiune a sensorului Lambda funcţionând la o temperatură de 600°C este prezentată în fig. 4.6, iar în fig. 4.7 se indică schematic dispunerea sensorului în galeria de evacuare.

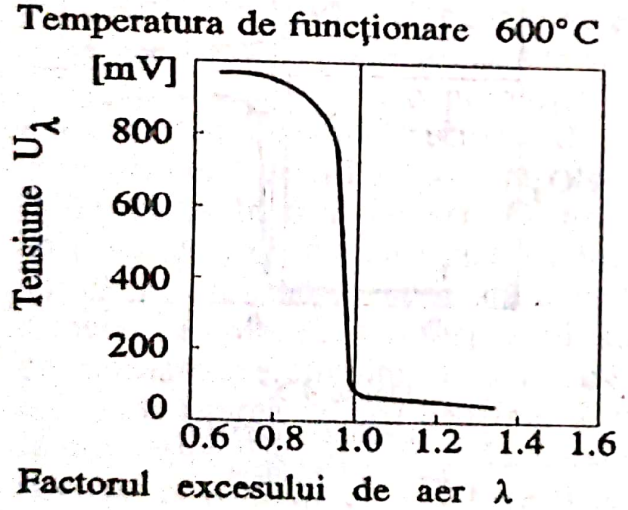


Figura 4.6

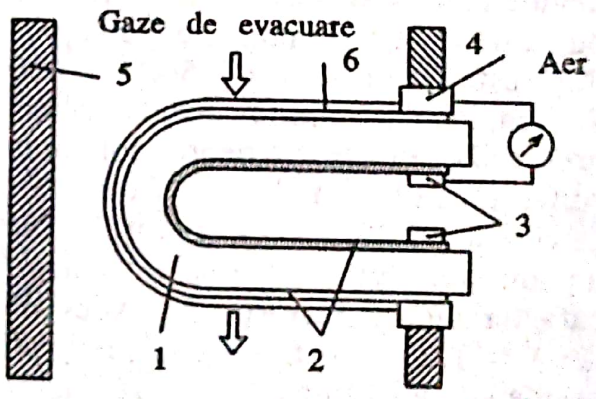


Figura 4.7

1 - sensor ceramic; *2* - electrozi; *3* - contacte; *4* - contact electric la carcasă; *5* - galerie de evacuare; *6* - înveliş ceramic protector

Sensorul Lambda pătrunde în fluxul gazelor de evacuare şi este proiectat în aşa fel încât electrodul extern să fie înconjurat de gazele de evacuare, iar electrodul intern să fie în contact cu aerul atmosferic.

Ca principiu, sensorul este construit dintr-un element din ceramică specială, acoperit cu electrozi din platină microporoasă. Funcţionarea se datorează materialului ceramic care este poros şi permite difuzia oxigenului prezent în aer. La temperaturi ridicate devine conductor şi dacă concentraţia de oxigen de pe o faţă diferă de cea de pe cealaltă faţă, între electrozi se generează o tensiune electromotoare. În zona amestecului stoichiometric aer-benzină

Scanned with OKEN Scanner

(coeficientul $\lambda = 1,00$) apare un salt în curba de tensiune de ieşire a sensorului. Tensiunea obţinută astfel este rezultatul măsurării compoziţiei gazelor de evcacuare, respectiv al prezenţei oxigenului. Ca urmare a formei caracteristicii statice de transfer, sensorul Lambda permite detectarea condiţiei de amestec stoichiometric ($\lambda = 1$) necesară funcţionării eficiente a convertorului catalitic.

Se mai poate remarca faptul că tensiunea de ieşire a sensorului Lambda şi rezistenţa sa internă (de valoare relativ foarte mare - specifică traductoarelor electrochimice) depind de temperatură.

Într-o serie de regimuri de funcţionare (cum ar fi, de exemplu, mersul în gol) gazele de evacuare nu au o temperatură suficientă activării sensorului Lambda. Pentru a evita dezactivarea controlului în buclă închisă ce ar apărea în acest caz, se utilizează *sensorul Lambda încălzit*. Proiectarea acestui tip de sensor Lambda încălzit este aproximativ identică cu cea a sensorului neîncălzit, primul fiind prevăzut suplimentar cu un element ceramic de încălzire. Efectul ce se obţine este acela că temperatura corpului ceramic rămâne peste valoarea de 350°C impusă pentru buna funcţionare. Sensorul încălzit dispune de un tub protector cu o mică deschidere (pentru pătrunderea gazelor de evacuare). Tubul protector previne răcirea ceramicii sensorului când gazele de evacuare sunt reci (prin reducerea pierderilor de căldură de la corpul de încălzire). Prin utilizarea sensorului Lambda cu încălzire se obţin o serie de avantaje remarcabile:

- control eficient la temperaturi reduse ale gazelor din evacuare (de exemplu, la mersul în gol);
- efect minim al variaţiilor temperaturii gazelor de evacuare;
- intrarea rapidă în funcţiune a controlului Lambda după pornirea motorului;
- reacţia rapidă a sensorului previne deviaţii extreme de la compoziţia amestecului;
- instalare uşoară.

4.3.2. Circuitul de control Lambda în buclă închisă

Circuitul electronic de control Lambda în buclă închisă permite menţinerea cu precizie a raportului aer-benzină la o valoare $\lambda = 1,00$, impusă de funcţionarea catalizatorului cu trei căi. Controlul realizează o funcţie ce poate fi adăugată teoretic oricărui sistem de alimentare cu benzină. Practic însă este deosebit de eficient în cazul sistemelor de control electronic (şi aici în special al celor computerizate) al injecţiei de benzină.

Cu ajutorul unui sistem de control în buclă închisă, folosind sensor Lambda, se pot detecta şi corecta deviaţiile de la raportul stoichiometric aer-benzină. Injecţia de benzină este controlată de către semnalul de alimentare în concordanţă cu informaţia asupra amestecului aer-benzină primită de la sensorul Lambda. Sensul controlului realizat este astfel încât să se menţină un raport aer-benzină caracterizat de $\lambda = 1,00$. Semnalul furnizat de sonda Lambda, ce este prelucrat în circuitul de control în buclă închisă, se foloseşte în final pentru comanda elementelor de execuţie (ce realizează dozajul), respectiv injectoarele electromagnetice. Benzina poate fi dozată atât de precis

Scanned with OKEN Scanner

în funcţie de sarcină şi turaţie, încât amestecul aer-benzină să fie totdeauna optim (menţinut la valoarea $\lambda = 1$ cu o toleranţă mai bună de 1%).

Toleranţele de realizare a sistemului de alimentare şi îmbătrânirea motorului nu au efect, întrucât, datorită efectului de stabilizare a reacţiei negative ce compensează global toate abaterile ce contravin sensului reglajului, peste $\lambda = 1{,}00$ se dozează mai multă benzină, iar sub $\lambda = 1{,}00$, mai puţină.

Tratarea eficientă a gazelor de evacuare cu ajutorul convertorului catalitic impune reglajul permanent şi fără întârzieri al amestecului aer-benzină, astfel încât dozajul să fie menţinut în zona valorii stoichiometrice.

4.3.3. Modul de control în diferite regimuri de funcţionare

În cele ce urmează sunt specificate unele particularităţi ale controlului Lambda în buclă închisă, corespunzătoare unor condiţii de funcţionare particulare.

La *pornire* se ţine seama că sensorul Lambda trebuie să fie la o temperatură de aproximativ 350°C înainte ca semnalul de ieşire să fie sigur. Până la încălzire, modul de lucru în buclă închisă este suprimat şi amestecul aer-benzină este păstrat la un nivel mediu cu un control în buclă deschisă. Îmbogăţirea la pornire este asigurată ca la sistemele fără control Lambda.

În regimurile de *acceleraţie şi sarcină plină* apare necesitatea îmbogăţirii amestecului pentru a satisface criteriul cuplului maxim (corespunzător unei valori $\lambda = 0{,}85, \ldots, 0{,}95$), ce va fi prioritar faţă de criteriului poluării minime ($\lambda = 1$). La detectarea regimurilor acceleraţie şi sarcină plină, unitatea de control comută injecţia în modul de lucru în buclă deschisă, ceea ce permite injectarea cantităţilor suplimentare de benzină necesare (îmbogăţire)

Un caz aparte îl constituie *deviaţiile coeficientului* λ. Controlul Lambda în buclă închisă funcţionează pentru $\lambda = 0{,}8 \ldots 1{,}2$, (domeniu de „prindere"). Pentru acest domeniu iniţial (raportat la valorile cartogramei ridicate în condiţii standard), perturbaţiile normale (cum ar fi efectul altitudinii) sunt compensate, astfel încât să se menţină $\lambda = 1.00 \pm 1\%$. Un circuit de control urmăreşte sensorul Lambda şi previne funcţionarea prelungită în zonele de margine ale controlului în buclă închisă. Când se detectează o astfel de situaţie de funcţionare, se dezactivează controlul în buclă închisă. Sistemul trece la modul de lucru în buclă deschisă, motorul funcţionând astfel la o valoare medie (necorectată Lambda) pentru coeficientul excesului de aer.

4.4. SISTEME ELECTRONICE DE CONTROL AL INJECŢIEI ŞI AL APRINDERII DISPONIBILE COMERCIAL

În cele ce urmează se prezintă sumar unele soluţii de control utilizate de principalele sisteme electronice ce echipează în mare parte automobilele alimentate prin injecţie de benzină. Nu se respectă un criteriu cronologic în prezentare, preferându-se mai întâi descrierea celui mai evoluat şi sofisticat sistem existent, pentru a putea fi folosit ca bază de comparaţii şi de discuţii.

Scanned with OKEN Scanner

Întrucât principalele soluţii de control specifice diferitelor situaţii de funcţionare ale motoarelor au fost prezentate în detaliu, se vor face referiri numai la anumite perticularităţi de utilizare a lor în cadrul diferitelor variante.

4.4.1. Sistemul Bosch Motronic

În prezent firma BOSCH deţine aproximativ 70% din piaţa mondială a sistemelor de injecţie de benzină, fiind de departe liderul în materie. De aceea este normal să luăm ca referinţă realizările acestei firme.

Sistemul Motronic este realizarea de vârf a firmei în domeniul injecţiei electronice de benzină. S-au folosit cele mai noi cuceriri ale tehnologiei electronice, într-o concepţie pe baza căreia diferitele aspecte contradictorii cum ar fi putere mare, consum mic de carburant, emisii poluante reduse au putut fi tratate în ideea obţinerii unui compromis optim. Este un sistem de injecţie de tip intermitent, multipunct, cu dirijarea jetului de benzină în poarta supapelor de admisie.

Injecţia de benzină şi aprinderea sunt controlate de un singur calculator, în concordanţă cu un criteriu de optimizare comun. Procesarea digitală a informaţiei prin utilizarea microprocesoarelor face posibilă preluarea şi prelucrarea unei mari cantităţi de date despre condiţiile de funcţionare. Pe baza unor algoritmi performanţi, computerul sistemului stabileşte datele de control pentru injecţie şi aprindere, utilizând corecţii adecvate aplicate valorilor preluate de pe cartogramele caracteristice încărcate în memoria fixă a sistemului.

Prin utilizarea sensorului Lambda şi integrarea etajului de control Lambda în sistem, într-o structură în buclă închisă, sunt satisfăcute cele mai severe norme de protecţie împotriva noxelor din gazele de evacuare.

Pe baza cantităţii de aer măsurate (folosind debitmetru cu volet) şi a turaţiei motorului (volantei), microcomputerul stabileşte punctul optim de aprindere şi timpul de injecţie corespunzător. Funcţie de condiţiile de funcţionare ale motorului, se face o ajustare a timpului de injecţie şi a avansului la aprindere.

Pentru a facilita *pornirea la rece* a motorului, sistemul prescrie o cantitate suplimentară de benzină (îmbogăţirea amestecului) şi un control adecvat al avansului la aprindere.

Pe durata *încălzirii*, motorul primeşte cantităţi de benzină precis dozate şi un avans la aprindere corespunzător, valorile fiind dependente de temperatură, sarcină şi turaţia motorului.

Pe durata *decelerării*, injecţia este suprimată într-un anumit interval de timp, iar aprinderea este întârziată faţă de momentul normal, ceea ce asigură o trecere lină spre frâna de motor. Pentru o turaţie puţin mai mare decât cea de mers în gol, injecţia de benzină este reluată. În acest interval de revenire a alimentării, unitatea de control creşte avansul în mod gradat, pentru a asigura o tranziţie lină spre regimul de *mers în gol*.

Pentru *accelerare*, unitatea electronică asigură un dozaj îmbogăţit şi un avans la aprindere optim, gradat în timp în cazul variaţiilor prea rapide ale sarcinii.

Scanned with OKEN Scanner

Pe lângă controlul unghiului de avans la aprindere, unitatea centrală a sistemului Motronic asigură şi controlul unghiului Dwell, menţinând astfel o valoare optimă a energiei scânteilor produse de bujii.

Unitatea de control evaluează informaţiile primite de la sensori despre funcţionarea motorului şi, cu ajutorul cartogramelor memorate, generează impulsuri de control pentru injectoarele electromagnetice şi pentru aprindere.

Din punct de vedere constructiv, sistemul Motronic este realizat pe două plăci de circuit imprimat, care cuprind circa 200 componente electronice. Dispozitivele de putere sunt montate pe radiatoare speciale. Interconectarea unităţii de control cu bateria, traductoarele şi elementele de execuţie este asigurată de un conector cu 35 pini. De asemenea în construcţie se încorporează circuitele adiţionale de siguranţă împotriva conectării inverse şi scurtcircuitării bateriei.

Unitatea de control reprezintă centrul de procesare a datelor, fiind de fapt un sistem dedicat cu microprocesor într-o structură clasică, aşa cum se poate constata şi din fig. 4.8.

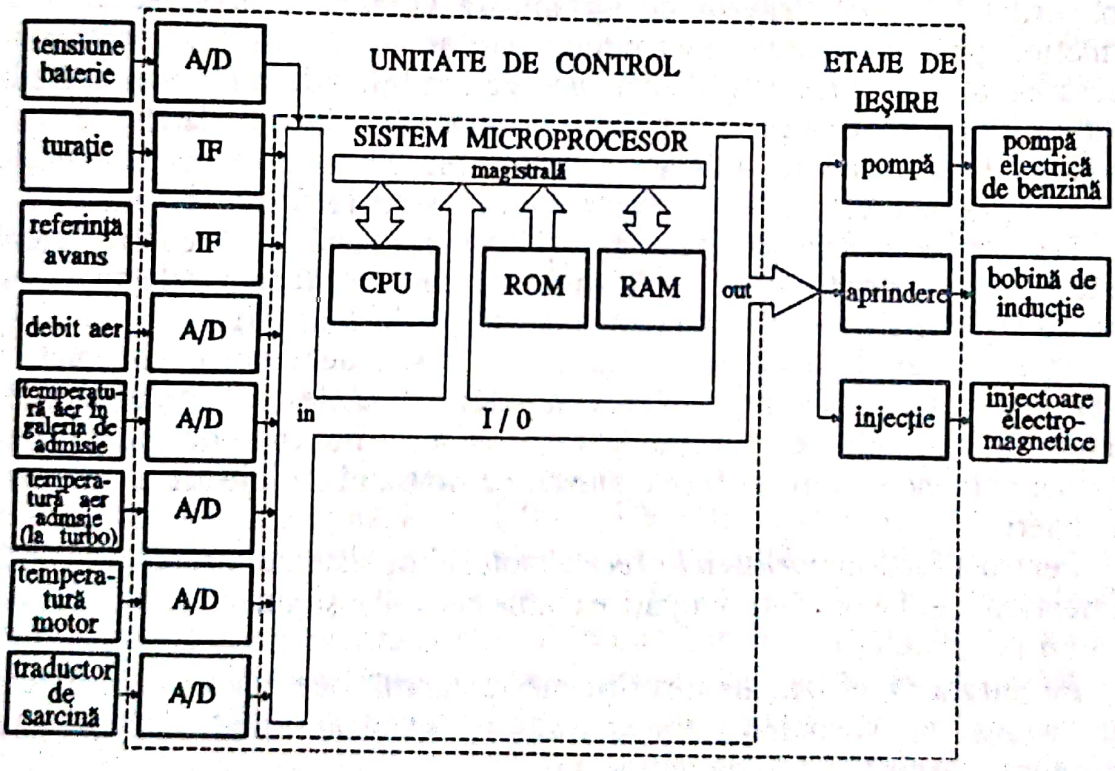


Figura 4.8

Pe baza semnalelor de intrare se calculează durata injecţiei (ca o măsură a dozajului) şi valorile optime pentru unghiul Dwell şi de avans la aprindere. Suplimentar, unitatea centrală poate prelua şi alte funcţii de reglaj, cum ar fi controlul Lambda sau controlul mersului în gol.

Pentru funcţionare este necesară o singură tensiune de alimentare şi o frecvenţă stabilizată, în cazul de faţă un oscilator cu cuarţ de 6 MHz.

Scanned with OKEN Scanner

Semnalul de injecţie. Cu o presiune de benzină constantă, cantitatea injectată pe ciclu este determinată în principal de durata de deschidere a injectoarelor electromagnetice. Microcomputerul unităţii de control calculează timpii de injecţie pe baza informaţiilor despre condiţiile de lucru ale motorului şi comandă în mod corespunzător etajul de ieşire.

Etajul de ieşire pentru injecţie. Pentru a putea minimiza pierderile de putere din unitatea de control, injectoarele electromagnetice sunt în mod normal închise şi se deschid pentru intervale scurte. Valoarea curentului prin injectoare este controlată, astfel la conectare curentul are o valoare mai mare (pentru a accelera deschiderea injectoarelor), după care curentul scade la o valoare de menţinere. Funcţia de control al curentului se realizează utilizând un circuit integrat specializat.

Controlul pompei de benzină. Pe baza condiţiilor de funcţionare, microcomputerul conectează sau deconectează pompa de benzină, prin intermediul unui etaj de ieşire şi a unui releu. Se poate da exemplu cazul în care motorul s-a oprit, dar contactul aprinderii este încă stabilit. Pot fi astfel evitate o serie de incidente grave, cum ar fi incendiile după producerea unor accidente.

Alte etaje de ieşire. Funcţie de variante, pot fi prevăzute şi alte etaje de ieşire, cum ar fi pentru controlul supapei de recirculare a gazelor de evacuare (obligatorie în standardele americane), pentru dispozitivul de control al aerului suplimentar (mers în gol constant), etc.

4.4.2. Sistemul L - Jetronic

Sistemul L-Jetronic al firmei Bosch a precedat sistemul Motronic, care constituie de fapt o dezvoltare şi o perfecţionare a acestuia. A fost o etapă intermediară necesară pentru desprinderea unor concluzii în vederea sporirii gradului de control electronic al motoarelor, prin completarea controlului injecţiei cu controlul integral al aprinderii. Totuşi este un sistem performant la un preţ acceptabil, ceea ce îl face unul dintre cele mai răspândite în prezent.

L-Jetronic este un sistem de injecţie de benzină controlată electronic, cu injecţie intermitentă în galeria de admisie [2]. Sistemul nu asigură şi controlul electronic al aprinderii.

Sistemul L-Jetronic se adaptează rapid la modificările de sarcină ale motorului, determinarea cantităţii necesare de benzină necesitând câteva milisecunde. Benzina este injectată în poarta supapelor de admisie. Dozajul este controlat cu suficientă precizie, încât permite menţinerea emisiilor poluante la nivele scăzute.

Mărimile principale, pe baza cărora de stabileşte dozajul, sunt turaţia motorului şi cantitatea de aer absorbită de motor (debitul de aer). Acestea permit determinarea cantităţii de aer pe ciclu şi servesc ca o măsură directă a sarcinii motorului.

Parametrii pentru compensare descriu condiţiile de funcţionare ce se abat de la condiţiile standard, situaţie în care trebuie realizate anumite corecţii ale amestecului. Aceste corecţii se aplică în următoarele condiţii de funcţionare: pornire, încălzire, adaptare la sarcină. Determinarea corecţiilor în vederea

Scanned with OKEN Scanner

respectării condiţiilor impuse pentru pornire şi încălzire este asigurată pe baza semnalelor de la traductoarele de temperatură. Pentru compensarea condiţiilor de sarcină variabilă (mers în gol, sarcină parţială, sarcină plină) se foloseşte semnalul despre domeniul sarcinii motorului, furnizat de întrerupătorul clapetei de acceleraţie.

Pentru a asigura o conduită în conducere optimă a automobilului, sistemul L-Jetronic ia în considerare următoarele regimuri de funcţionare şi necesităţi: tranziţiile de accelerare, limitarea turaţiei maxime a motorului şi decelerarea. Determinarea acestor situaţii se face cu ajutorul unor traductoare adecvate, ale căror semnale au o dependenţă specifică pentru respectivele regimuri de funcţionare. Relaţiile de dependenţă sunt implementate în unitatea de control şi influienţează în mod corespunzător semnalele de comandă ale injectoarelor electromagnetice.

Toate mărimile variabile (principale şi parametri) sunt evaluate în anasamblu de unitatea de control, astfel încât motorul este alimentat întotdeauna cu cantitatea de benzină necesară pentru funcţionare în orice regim specific, ceea ce asigură o conduită în conducere optimă.

Informaţia despre turaţia motorului şi începerea alimentării este preluată de la ruptor (la sistemele cu ruptor mecanic) sau de la primarul bobinei de inducţie (la sistemele cu ruptor electronic). Mai întâi impulsurile preluate sunt aplicate unui circuit formator ce dă la ieşire semnal dreptunghiular. După aceasta se atacă un divizor de frecvenţă. În acest fel se obţin două impulsuri pentru fiecare ciclu complet de funcţionare, indiferent de numărul cilindrilor. Începutul acestor impulsuri este în acelaşi timp şi începutul injecţiei. La fiecare rotaţie a arborelui cotit, fiecare injector este acţionat o singură dată, indiferent de poziţia supapei de admisie. Când supapa de admisie este închisă, benzina este stocată şi este absorbită împreună cu aerul în momentul în care supapa se deschide. Durata injecţiei depinde evident de cantitatea de aer şi de turaţia motorului.

Debitmetrul de aer este de tip cu volet. Construcţia sa asigură o dependenţă logaritmică între unghiul de deviaţie şi debitul de aer. În acest fel se asigură o precizie şi o sensibilitate deosebit de ridicate la măsurarea cantităţilor de aer. Poziţia unghiulară a voletului este transformată într-o tensiune cu ajutorul unui potenţiometru. Calibrarea acestui potenţiometru asigură o dependenţă invers proporţională între tensiune şi cantitatea de aer. Pentru a regla dozajul de mers în gol este prevăzut un circuit by-pass reglabil ce permite unei mici cantităţi de aer să treacă pe lânga debitmetrul de aer.

Pornirea la rece este asigurată cu ajutorul unei cantităţi suplimentare de benzină ce este injectată pentru o perioadă limitată de timp.

Încălzirea necesită o cantitate mai mare de benzină decât regimul termic stabilizat. Factorul de îmbogăţire este dependent de temperatură. Principiul este asemănator cu cel din sistemul Motronic.

Controlul mersului în gol la pornire şi încălzire este asigurat, pentru diferitele regimuri termice, prin intermediul unui dispozitiv de aer suplimentar şi corelarea funcţionării acestuia cu dozajul. Pentru sistemul L-Jetronic dispozitivul de aer suplimentar foloseşte o lamă bimetalică comandată prin intermediul unei înfăşurări de încălzire. Se controlează astfel secţiunea efectivă

Scanned with OKEN Scanner

de curgere a unui canal by-pass. Secţiunea efectivă este reglată funcţie de temperatură, astfel că deschiderea este mai mare la temperaturi mai mici de pornire. Dispozitivul este montat într-o poziţie care să permită sesizarea temperaturii motorului.

Adaptarea la sarcină. Valorile diferite ale sarcinilor necesită diferite compoziţii ale amestecului. Curba necesarului de benzină este determinată pentru toate domeniile de funcţionare funcţie de curba caracteristică a debitmetrului de aer, specifică fiecărui tip de motor.

Mersul în gol este controlat prin intermediul unui circuit by-pass reglabil (mecanic, cu şurub). Soluţia, cea clasică, este simplă, dar nu asigură stabilizarea mersului în gol ca la sistemul Motronic.

Sarcini parţiale. În cea mai mare parte a timpului, motorul funcţionează la sarcini parţiale. Curba necesarului de benzină este programată în unitatea de control şi se trasează din condiţia de consum minim de benzină.

Sarcină plină. În acest regim motorul trebuie să dezvolte cea mai mare putere posibilă. Acest lucru este asigurat prin îmbogăţirea amestecului faţă de domeniul sarcinilor parţiale. Informaţia despre sarcina plină este prelevată de la întrerupătorul clapetei de acceleraţie (cu două contacte ce se închid la extremităţile cursei clapetei: un contact sesizează mersul în gol, celalalt sarcina plină).

Accelerarea necesită injecţia unei cantităţi suplimentare de benzină. Regimul este determinat pe baza variaţiei semnalului de la debitmetrul de aer şi are drept consecinţă îmbogăţirea amestecului, rezultând un răspuns tranzitoriu bun.

Adaptarea la temperatura aerului. Pentru a efectua corecţiile necesare de densitate a aerului, se măsoară temperatura aerului în galeria de admisie. Pe baza informaţiei astfel obţinute, unitatea de control corectează în mod corespunzător cantitatea de benzină injectată.

Sistemul L-Jetronic permite de asemenea şi realizarea anumitor *funcţii suplimentare.*

Limitarea turaţiei motorului se realizează prin suprimarea injecţiei la depăşirea unei valori limită fixate.

Decelerarea. Pe durata decelerării (la mers în gol forţat) se poate suprima alimentarea cu benzină a motorului. Pentru aceasta, unitatea de control evaluează semnalele de la întrerupătorul de clapetă şi de turaţie. Dacă turaţia scade sub o anumită valoare sau clapeta de acceleraţie este din nou deschisă, alimentarea cu benzină este reluată.

Unitatea de control control evaluează informaţiile furnizate de traductoare şi pe baza lor formează impulsuri de comandă pentru injectoarele electromagnetice. Specific sistemului de injecţie L-Jetronic este memorarea analogică (sub formă de curbe) a caracteristicilor de dozare a benzinei. Ciclul de funcţionare asigură două injecţii pe fiecare cilindru la fiecare rotaţie a axului cu came.

Controlul Lambda în buclă închisă. Şi sistemul L-Jetronic poate funcţiona în buclă închisă, după semnalul furnizat de un sensor Lambda. Pe baza semnalului obţinut de la sensorul Lambda montat în galeria de evacuare, se

Scanned with OKEN Scanner

corectează timpul de injecţie t_i pentru a putea menţine coeficientul excesului de aer $\lambda = 1{,}00 \pm 1\%$ (în domeniile de funcţionare ce permit acest lucru) şi prin aceasta asigurând reducerea emisiilor poluante.

Concluzii. Sistemul L-Jetronic se bazează pe un control analogic, numai al injecţiei de benzină, fără corelare cu procesele de aprindere şi ardere. Evident sistemul este mai puţin precis, dar mai ieftin decât sistemul Motronic. Cu toate aceste limitări, sistemul permite funcţionarea în buclă închisă cu control Lambda, ceea ce asigură încadrarea în normele privind poluarea, reprezentând un mare avantaj şi un real progres faţă de sistemele de alimentare cu carburator.

4.4.3. Sistemul Mono-Jetronic

Sistemul Mono-Jetronic este cel mai simplu echipament de injecţie electronică de benzină. Nu necesită modificări în construcţia motorului alimentat cu carburator, ansamblul de injecţie fixându-se pe flanşa galariei de admisie în locul carburatorului [3],[58].

Echipamentul reuneşte într-un ansamblu unic un singur injector de benzină, regulatorul de presiune, obturatorul, întrerupătorul obturatorului şi regulatorul pentru mers în gol. Se constituie astfel o unitate compactă de formare a amestecului aer-benzină, care se montează pe colectorul de admisie al motorului. Injectorul este plasat în centrul unităţii de formare a amestecului, jetul de benzină distribuindu-se în zona de secţiune minimă de curgere a aerului către cilindrii motorului (unde viteza aerului este mare). Se realizează astfel un amestec aer-benzină mai omogen, ce se distribuie către cilindrii motorului în ordinea în care aceştia se succed la admisie.

Presiunea de injecţie în amontele injectoarelor este menţinută constantă cu ajutorul regulatorului de presiune. Excesul de benzină de la injector este returnat, prin regulatorul de presiune, către rezervor. Reglarea cantităţii de benzină injectate pe ciclu, în diferite regimuri de funcţionare ale motorului, se face funcţie de cantitatea de aer aspirată. În acest scop, debitmetrul de aer transmite un semnal adecvat unităţii de control. Un traductor de temperatură şi întrerupătorul obturatorului, transmit informaţii pentru corelarea cantităţii de benzină injectate pe ciclu în regimuri tranzitorii de funcţionare (accelerare, decelerare, sarcină plină, pornire la rece, mers în gol etc.). Pentru reglarea turaţiei de mers în gol este prevăzut un regulator electronic.

Echipamentul Mono-Jetronic permite utilizarea controlului Lambda în buclă închisă. Traductorul de oxigen (sonda Lambda) se montează în colectorul de evacuare, semnalul generat fiind transmis unităţii electronice de control. Se pot efectua corecţii ale dozajului, ceea ce asigură un control riguros al emisiei de produşi poluanţi.

Conceput în această structură, echipamentul electronic de injecţie Mono-Jetronic este deosebit de eficient în ceea ce priveşte reducerea consumului de benzină şi a emisiilor poluante. Totodată este cel mai simplu din punct de vedere constructiv şi al adaptării pe motor, fiind prin urmare şi cel mai ieftin.

Scanned with OKEN Scanner

4.4.4. Sistemul KE - Jetronic

Comanda şi controlul electronic au fost aplicate şi echipamentelor de injecţie continuă a benzinei în poarta supapei de admisie. Firma Bosch a modificat şi adaptat sistemul de injecţie mecanică K-Jetronic, rezultând echipamentul electronic de injecţie KE-Jetronic [3], [59].

Echipamentul păstrează injectoarele mecano-hidraulice, unitatea de formare a amestecului (dozator-distribuitorul de benzină, debitmetrul de aer), precum şi principiul de corelare a cantităţilor de aer aspirat şi de benzină injectată de la instalaţia K-Jetronic. S-a introdus controlul electronic al presiunii de comandă pentru pistonul sertar al dozator-distribuitorului de benzină. În acest scop, regulatorul presiunii de comandă a fost înlocuit cu un regulator electro-hidraulic, încorporat în dozator-distribuitorul de benzină. Acest regulator electro-hidraulic este acţionat de unitatea electronică de control, permiţând modificarea scăpărilor de benzină către regulatorul de presiune şi rezervor. Când presiunea de comandă scade, creşte cursa pistonului-sertar şi în consecinţă se măreşte cantitatea de benzină furnizată injectoarelor. Când presiunea de comandă creşte, se micşorează cursa pistonului-sertar, determinând scăderea cantităţii de benzină livrate injectoarelor.

În vederea corelării riguroase a cantităţii de aer aspirat cu cantitatea de benzină injectată, deplasarea pârghiei debitmetrului de aer şi deci a pistonului-sertar al dozator-distribuitorului este transmisă unităţii electronice prin intermediul unui traductor de deplasare, montat pe pârghia debitmetrului.

Echipamentul KE-Jetronic poate fi completat şi el cu traductor de oxigen (sondă Lambda), într-o configuraţie în buclă închisă. De asemenea este realizată şi o variantă cu unitate electronică de control evoluată (cu microprocesor), ce permite controlul optimizat al injecţiei în concordanţă cu regimul de funcţionare al motorului (regim termic, turaţie, poziţia obturatorului, debitul de aer, presiunea aerului în admisie, etc.)

4.4.5. Sistemul de injecţie Multec

Folsit de firma Opel (pentru modelele Corsa şi Kadett), sistemul utilizează o instalaţie de injecţie centrală (monopunct), foarte asemănătoare cu Mono-Jetronic [53]. Dintre particularităţi se menţionează posibilitatea blocului electronic de a efectua corecţii de reglare în funcţie de gradul de uzură a motorului, putând, de exemplu, să ia în considerare chiar şi reducerea pierderilor prin frecare după rodaj. În cazul defectării unei surse de informaţii, blocul electronic continuă să asigure reglajul pe baza unor date medii ale parametrului respectiv, înmagazinate într-o memorie de 2 ko. Calculatorul asigură şi posibilitatea autodiagnosticării, conducătorul auto fiind avertizat, pe baza unor coduri, asupra defecţiunilor apărute. Această facilitate reduce costul întreţinerii şi reparaţiilor şi îmbunătăţeşte calitatea fabricaţiei.

Scanned with OKEN Scanner

4.4.6. Sistemul de injecţie Pijet

Este produsă de firma americană Piper FM şi este destinată producţiei de măsă a autoturismelor de litraj mic şi mijlociu la un preţ de cost avantajos [53]. Reglajul instalaţiei de injecţie se face funcţie de randamentul umplerii η_v, injecţia fiind de tip multipunct şi intermitent. Injecţia în curentul de aer se produce în momentul în care supapa de admisie se deschide, iar depresiunea şi viteza aerului cresc, tinzând către valorile lor maxime.

4.4.7. Sistemul de injecţie Weber PT

Este produs de firma Weber (Italia), folosind măsurarea vacuumatică a debitului de aer şi injecţia individuală intermitentă în poarta supapelor. Injectoarele electromagnetice sunt acţionate o dată pe ciclu [53]. Timpul de deschidere este controlat de blocul electronic pe baza corecţiilor impuse de presiunea şi temperatura aerului în admisie, turaţia şi valoarea instantanee a coeficientului de umplere, determinată de calculator pe baza celor trei parametri menţionaţi şi a sarcinii, determinată pe baza poziţiei unghiulare a obturatorului. Funcţionarea injecţiei este completată şi cu controlul electronic al aprinderii, sistemul având memorată caracteristica de avans în coordonate depresiune-turaţie.

4.4.8. Sistemul de injecţie Lucas

Este realizat de firma britanică Lucas Electrical Systems şi se bazează pe măsurarea electrică (debitmetru masic cu fir cald) a debitului de aer şi injecţia intermitentă [53]. Opţional, injecţia poate fi simultană sau succesivă pentru diferiţi cilindri ai motorului. Soluţia vizează posibilitatea adaptării pe o gamă foarte largă de motoare, cu avantaje în ceea ce priveşte preţul de cost.

În memoria sistemului se găseşte o cartogramă a duratei de injecţie în funcţie de turaţie şi presiune, specifică unui anumit tip de motor. Cartograma este astfel concepută încât fiecărui regim funcţional să i se asigure un coeficient de dozaj care să realizeze un compromis între consum şi poluare. Controlul electronic al injecţiei de benzină este completat cu controlul electronic al aprinderii.

Blocul electronic cu microprocesor asigură toate funcţiile de alimentare şi aprindere pentru toate regimurile de funcţionare, inclusiv suspendarea injecţiei la regimul de mers în gol forţat. Sistemul electronic controlează de asemenea dozajul la mers în gol, răspunsul la sensorul λ, supapa de recirculare a gazelor arse (pentru reducerea emisiilor de NO*x*), avansul la aprindere la limita de detonaţie, sistemul de sesizare a defecţiunilor precum şi sistemul de autoadaptare.

Pentru regimurile stabilizate sistemul memorează caratograma spaţială sub forma unei matrice având dimensiunea 8 × 16 (8 - clase de sarcină determinate

Scanned with OKEN Scanner

prin depresiunea din colectorul de admisie, 16 - clase de turaţie). Matricea memorată corespunde caracteristicii de dozare a unui anumit motor, prin schimbarea datelor asigurându-se un grad mare de flexibiliate a sistemului.

În ceea ce priveşte sistemul autoadaptiv, utilizarea sa se bazează pe faptul că motoarele ies din fabricaţie respectând anumite toleranţe, ale căror limite depind de perfecţiunea proceselor tehnologice. În memoria sistemului se găseşte iniţial caracteristica standard a motorului. După un timp foarte scurt (de ordinul secundelor) de la pornirea motorului de serie, sensorii determină elemente particulare ale caracteristicii, dependente de jocurile reale de montaj, starea diferitelor organe şi a sistemelor auxiliare etc. Folosind acest principiu se asigură o funcţionare optimală fiecărui motor, întrucât se va utiliza o caracteristică de reglaj individualizată de caracteristicile reale ale exemplarului. De asemenea se poate reduce preţul de cost al motoarelor prin toleranţe de fabricaţie mai puţin strânse. Sistemul autoadaptiv mai prezintă şi avantajul esenţial de a corecta permanent caracteristica de dozaj, funcţie de starea reală a motorului, ceea ce asigură un efect de compensare al uzurii.

Sistemul permite memorarea unor date privind evoluţia performanţelor motorului, ceea ce asigură extragerea unor informaţii importante privind oportunitatea executării unor lucrări de întreţinere, fără a mai ţine seama de alte criterii (cum ar fi numărul de km rulaţi). Se evită cheltuieli inutile, se scurtează timpul necesar lucrărilor de reparaţii (motorul fiind gata diagnosticat) şi se previne producerea unor avarii prin neefectuarea la timp a unor lucrări impuse de starea motorului.

Scanned with OKEN Scanner

5

ECHIPAMENTE DE STAND ŞI DE TESTARE

5.1. GENERALITĂŢI

Dezvoltarea unor sisteme electronice de control pentru injecţia de benzină şi aprindere necesită o bază experimentală evoluată şi complexă. Se prezintă în continuare unele rezultate ale cercetărilor efectuate de autori, cu comentarea soluţiilor de circuit utilizate. Sperăm în acest fel să permitem cititorilor o înţelegere mai bună a problemelor, cu atât mai mult cu cât astfel de materiale nu sunt publicate, din motive lesne de înţeles, de către marile firme producătoare de echipamente de control pentru motoare termice.

Cercetările efectuate au urmărit următoarele aspecte principale:

– realizarea unor sisteme electronice de control al injecţiei de benzină şi al aprinderii pentru standul de încercări;
– realizarea unor echipamente de măsurare şi control specifice;
– proiectarea şi execuţia unor traductoare adecvate;
– realizarea blocului electronic de control destinat echipării automobilului;
– executarea probelor de stand;
– adaptarea echipamentului pe automobil;
– probe de mers.

Cercetarea, urmărind aceste aspecte, s-a desfăşurat în două mari etape [55]:

1.Sistem de control la stand cu logică cablată, cu utilizarea rezultatelor la motoarele din gama ARO (ARO 243);

2.Stand controlat cu calculator, cu aplicarea rezultatelor la motoare din gama DACIA (1300 - 1400).

Bilanţul realizărilor din cadrul cercetărilor se prezintă astfel:

1.Bloc electronic de control al injectoarelor electromagnetice;
2.Stand pentru încercări injectoare electromagnetice;
3.Stand de încercări cu logică cablată;
4.Traductor de sarcină;
5.Traductor complex de faze de lucru, de punct mort interior, de turaţie şi de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere;
6.Echipament electronic cu microprocesor pentru controlul injecţiei şi aprinderii destinat echipării automobilului;
7.Cartografierea caracteristicilor motorului ARO;

Scanned with OKEN Scanner

8.Echiparea automobilului ARO 243 şi efectuarea a 1 500 km de probe de mers;

9.Stand de control cu calculator (CUB Z);

10.Aparat pentru supravegherea parametrului lambda;

11.Sistem de măsurare a temperaturilor specifice motorului;

12.Probe preliminare de stand pentru motoarele DACIA;

13.Obţinerea în ansamblu a unui volum de informaţii suficient pentru a putea găsi noi soluţii de perspectivă.

În cele ce urmează vor fi discutate diferite aspecte ale problemelor rezolvate în cadrul cercetărilor. La început se vor prezenta echipamentele necesare pentru dotarea standului de încercări şi a motorului pentru faza de probe la stand.

5.2. BLOCUL ELECTRONIC DE CONTROL AL INJECTOARELOR ELECTROMAGNETICE

5.2.1. Aspecte generale

Injectoarele electromagnetice, controlate electronic, pulverizează benzina, dozată cu precizie, în poarta supapelor de admisie. Se foloseşte câte un injector pentru fiecare cilindru.

Din punct de vedere practic, injectoarele electromagnetice pot fi comandate de către impulsurile amplificate provenite din blocul electronic de control. La acest tip de comandă injectoarele se grupează câte 2 - 3 - 4, în funcţie de numărul cilindrilor, fiind prevăzute cu rezistenţe de limitare şi egalizare a curenţilor. Sistemul electronic de control al injecţiei trebuie să efectueze corecţia după tensiunea continuă a echipamentului electric al automobilului (baterie) [1], pentru a nu modifica dozajul specific unui anumit regim de funcţionare.

Unele variante au etaje finale ce lucrează cu curent stabilizat, ceea ce elimină rezistenţele serie de limitare a curentului. Acest mod de comandă nu mai necesită corecţia după tensiunea de alimentare.

5.2.2. Schema blocului electronic de control al injectoarelor electromagnetice

Pentru sistemele de injecţie realizate s-a folosit o schemă de tipul cu curent stabilizat. Fiecare injector electromagnetic este comadat individual, de către un bloc de control. În acest fel, caracteristica optimă de dozaj, stabilită în timpul probelor de stand, se transferă fară dificultăţi sistemului de control destinat echipării automobilului, nefiind necesare corecţii sau alte măsuri de precauţie.

Schema electrică de principiu a blocului electronic de control al injectoarelor electromagnetice este prezentată în fig. 5.1.

Rezistenţa înfăşurării injectoarelor electromagnetice folosite pentru motorul ARO (NAPA 2-17508) are valoarea de 3.5 ohmi. Buna funcţionare a injectorului impune un curent de 1 A.

Scanned with OKEN Scanner

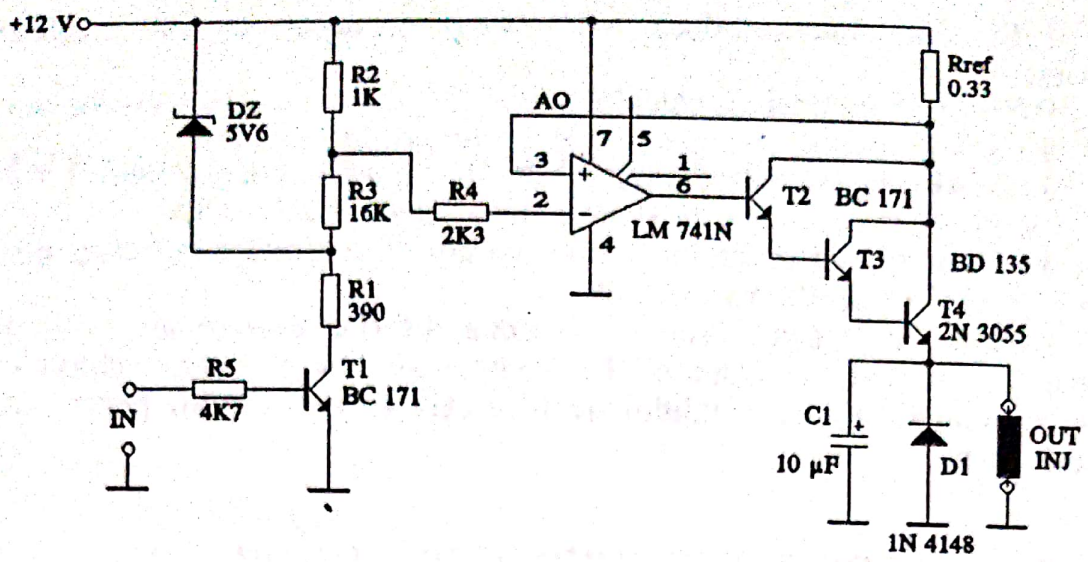


Figura 5.1

La intrarea circuitului se aplică impulsuri TTL, active pe nivel HIGH. Astfel, la apariţia unui impuls, prin intermediul rezistenţei R5 se comandă saturarea tranzistorului T1. Ca urmare se activează stabilizatorul parametric R1 - DZ. S-a ales valoarea de 5,6 V pentru referinţă din considerente de stabilitate termică. Divizorul R2 - R3 permite obţinerea unei tensiuni de 0,33V pe rezistenţa R2, care va servi ca referinţă de tensiune pentru generatorul de curent constant format cu amplificatorul operaţional A, rezistenţa R_{ref} şi tripletul T2,T3,T4. În emitorul tranzistorului de putere T4 se va imprima un curent de 1 A ($I = U_{(R2)}/R_{ref}$). Condensatorul C1 şi dioda D1 asigură recuperarea energiei înmagazinate în inductanţa bobinei injectorului electromagnetic, iar condensatorul asigură protecţie împotriva eventualelor regimuri oscilante.

Injectoarele folosite la motoarele DACIA au rezistenţa înfăşurării de 15 ohmi şi necesită un curent de 0,5A, ceea ce a impus modificarea valorii rezistenţei Rref la valoarea 0,68 ohmi.

Acest tip de bloc electronic de control a fost folosit în toate echipamentele şi circuitele ce necesită acţionarea injectoarelor electromagnetice.

5.3. STAND PENTRU ÎNCERCAREA INJECTOARELOR ELECTROMAGNETICE

5.3.1. Schema-bloc a standului

Standul pentru încercări injectoare electromagnetice permite obţinerea pe cale experimentală a caracteristicilor de dozaj ale injectoarelor. Aceste rezultate preliminare permit alegerea în mod optim a tipului de injector pentru un anumit tip de motor. De asemenea, folosind caracteristicile de dozaj stabilite experimental, se poate adapta folosirea unui alt tip de injector decât cel folosit pentru cartografierea motorului, conform unei relaţii de dependenţă între

Scanned with OKEN Scanner

cantitatea de benzină, durata impulsului de acţionare, frecvenţa de repetiţie, având ca parametru presiunea de injecţie.

În cadrul cercetărilor abordate s-a folosit injecţia la joasă presiune, în poarta supapei de admisie.

Standul pentru încercări injectoare electromagnetice trebuie să permită determinarea experimentală a dependenţei ce apare între cantitatea (volumică) de benzină injectată şi durata impulsurilor de acţionare la o anumită frecvenţă de repetiţie (echivalent turaţie motor).

Evident, aceste caracteristici depind (ca parametru) de presiunea de injecţie, fiind influienţate, în mai mică măsură, de alţi factori cum ar fi calitatea benzinei (prin vâscozitate de exemplu). Întrucât, în final, în procesele de ardere interesează masa de benzină, încercările se efectuează în condiţii standard de temperatură. În sistemul electronic de pe automobil se pot prevedea corecţii cu temperatura pentru a compensa modificările de densitate ale benzinei.

Ca urmare a acestor caracteristici necesare, standul pentru încercări injectoare electromagnetice trebuie să permită reglarea următoarelor mărimi:

– timpul de injecţie (durata impulsului de acţionare a injectorului electromagnetic);

– frecvenţa de repetiţie a impulsurilor de comandă (simulând turaţia motorului);

– presiunea de injecţie.

Ca urmare, standul va cuprinde o parte hidraulică, de alimentare cu benzină şi o parte electronică, pentru acţionarea injectorului electromagnetic [18].

Schema-bloc a standului este prezentată în fig. 5.2.

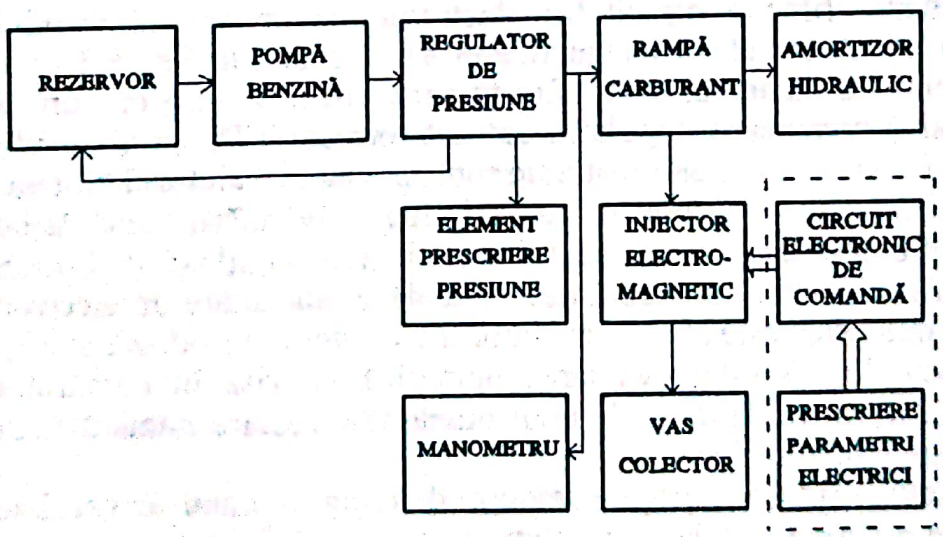


Figura 5.2

Conform acestei scheme-bloc, funcţionarea părţii hidraulice a standului decurge astfel: din rezervor, benzina este antrenată în circuitul de alimentare cu ajutorul pompei de benzină (de tip cu role şi acţionare cu motor electric).

Scanned with OKEN Scanner

Presiunea la care se face injecţia este menţinută constantă cu ajutorul unui regulator de presiune, cu posibilitatea fixării valorii dorite folosind un element de prescriere presiune. Valoarea presiunii este măsurată de un manometru. Benzina, la presiunea dorită este furnizată rampei de carburant, la care este conectat, printr-un cuplaj hidraulic adecvat, injectorul electromagnetic. Datorită regimului discontinuu de funcţionare a injectorului, pot apărea vibraţii în mediul lichid, cu efecte nefavorabile (imprevizibile) asupra caracteristicii de dozaj. Pentru a evita acest neajuns, se asigură uniformitatea presiunii cu ajutorul unui amortizor hidraulic.

Parametrii timp de injecţie şi frecvenţă de repetiţie sunt furnizaţi prin intermediul impulsurilor electrice de acţionare a injectorului de către circuitul electronic de comandă. Parametrii necesari ai impulsurilor de comandă sunt fixaţi cu ajutorul unui bloc de prescriere paramétri electrici. Comanda injectoarelor se face cu bloc electronic de tipul celui prezentat în secţiunea 5.1.

Întrucât cantităţile de benzină injectate la o deschidere a injectorului (conform necesităţilor reale ale motorului) sunt extrem de mici, s-a adoptat soluţia cu un număr mare de acţionări (1 000) ale injectorului şi medierea rezultatului. Pentru măsurarea cantităţii de benzină injectate se foloseşte un vas colector gradat. Folosirea principiului medierii îmbunătăţeşte informaţia despre dozaj, având în vedere că procesul de injecţie se repetă de un număr foarte mare de ori în timpul normal de funcţionare a motorului.

5.3.2. Circuitul electronic de control al standului pentru verificarea injectoarelor electromagnetice

Schema-bloc a circuitului electronic de control al standului pentru verificări injectoare electromagnetice este prezentată în fig. 5.3.

Conform schemei-bloc, funcţionarea decurge astfel: un astabil (cu tranzistoare) furnizează impulsuri ce sunt formate TTL cu ajutorul circuitului formator *1*. Impulsurile astfel oţinute sunt aplicate, cu ajutorul blocului de setare date, unui circuit numărător, *1*, cu posibilitatea selectării numărării directe sau inverse. Numărătorul *1* are capacitatea de trei digiţi şi se foloseşte pentru prescrierea duratei impulsului de comandă a injectoarelor electromagnetice. Valoarea numerică este afişată cu ajutorul circuitelor decodoare şi afişare, direct în milisecunde. Totodată valoarea numerică înscrisă în numărătorul *1* este aplicată la intrările de date ale unui numărător *2*, care numără în sens invers până atinge valoarea zero.

Impulsurile de numărare se obţin de la un oscilator de precizie cu cuarţ, urmate de un circuit divizor şi un etaj formator, *2*. Încărcarea numărătorului *2* este controlată de un circuit logică de control-inhibare, pe baza informaţiei provenite de la numărătorul de cicluri de funcţionare. Acest numărător este presetat la o comandă externă cu valoarea 999, numărând în sens invers până la atingerea valorii zero, când se inhibă funcţionarea numărătorului *2*. Frecvenţa de încărcare a numărătorului 2, deci de repetiţie a impulsurilor de comandă, este controlată cu ajutorul unui generator de semnal, cu afişarea numerică a

Scanned with OKEN Scanner

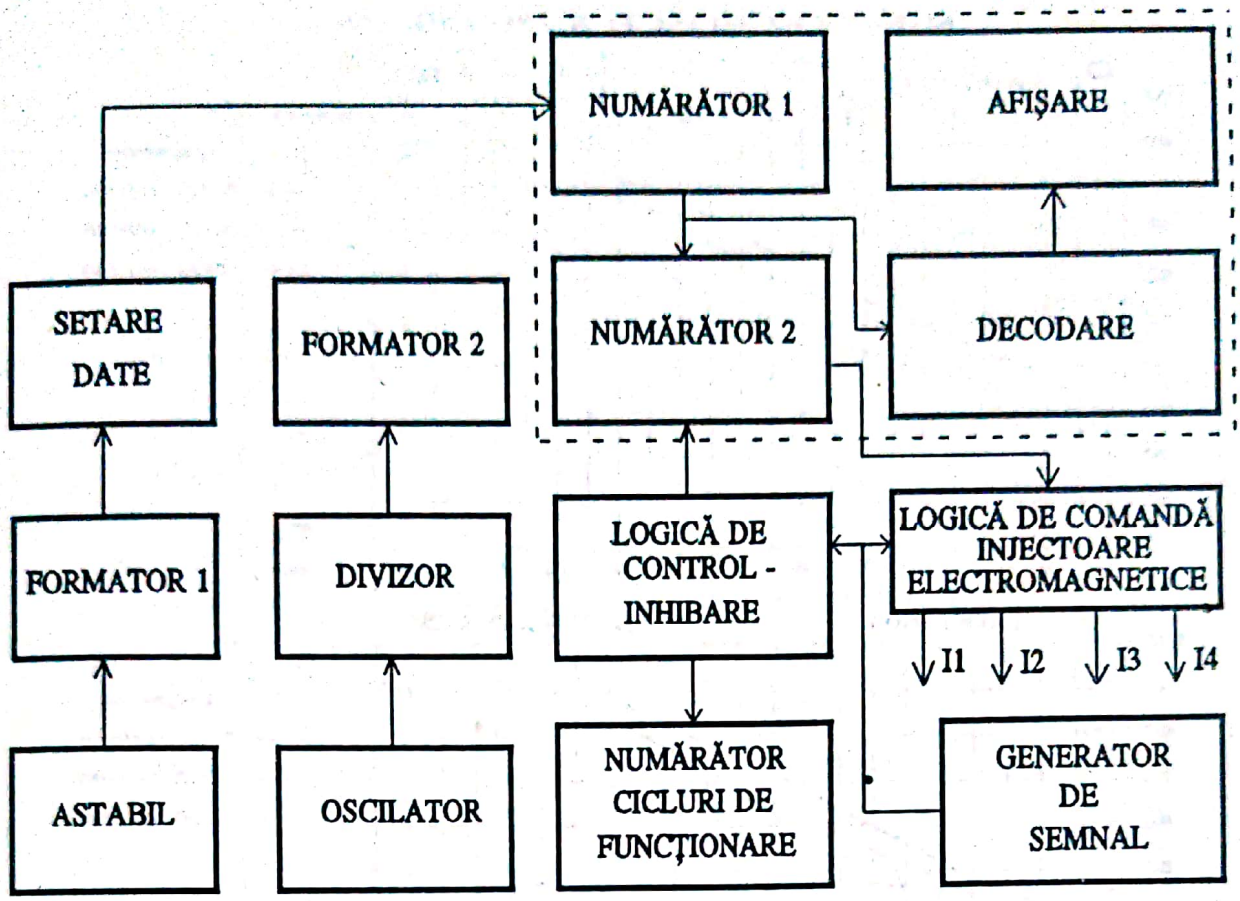


Figura 5.3

frecvenţei, simulând astfel condiţiile de comandă de pe motor (turaţia).

La ieşirea numărătorului 2 apar în acest fel 1 000 de impulsuri de durată prestabilită şi afişată. Impulsurile sunt folosite pentru comanda injectoarelor electromagnetice testate, prin intermediul blocului logică de comandă injectoare electromagnetice. Acest bloc permite comanda a patru injectoare sau a unui singur injector. Comanda celor patru injectoare este utilă pentru studiul dispersiei caracteristicilor de dozaj ale injectoarelor, în timp ce comanda unui singur injector se aplică la determinarea efectivă a caracteristicii de dozaj.

5.3.3. **Rezultate experimentale**

Standul pentru încercări injectoare electromagnetice a fost folosit pentru ridicarea experimentală a caracteristicilor de dozaj ale unor injectoare din producţia de serie, precum şi a unui injector experimental, realizat în cadrul cercetărilor. Câteva din rezultatele experimentărilor sunt prezentate sub formă grafică (diagrame de dozaj) în cele ce urmează, astfel:

fig. 5.4 - injectorul BOSCH 8.280.150.036;
fig. 5.5 - injectorul NAPA 2-17508;
fig. 5.6 - injectorul BOSCH 0.280.150.208;
fig. 5.6 - injectorul experimental 960-6-00B.

Scanned with OKEN Scanner

INJECTOR BOSCH 8.280.150.036

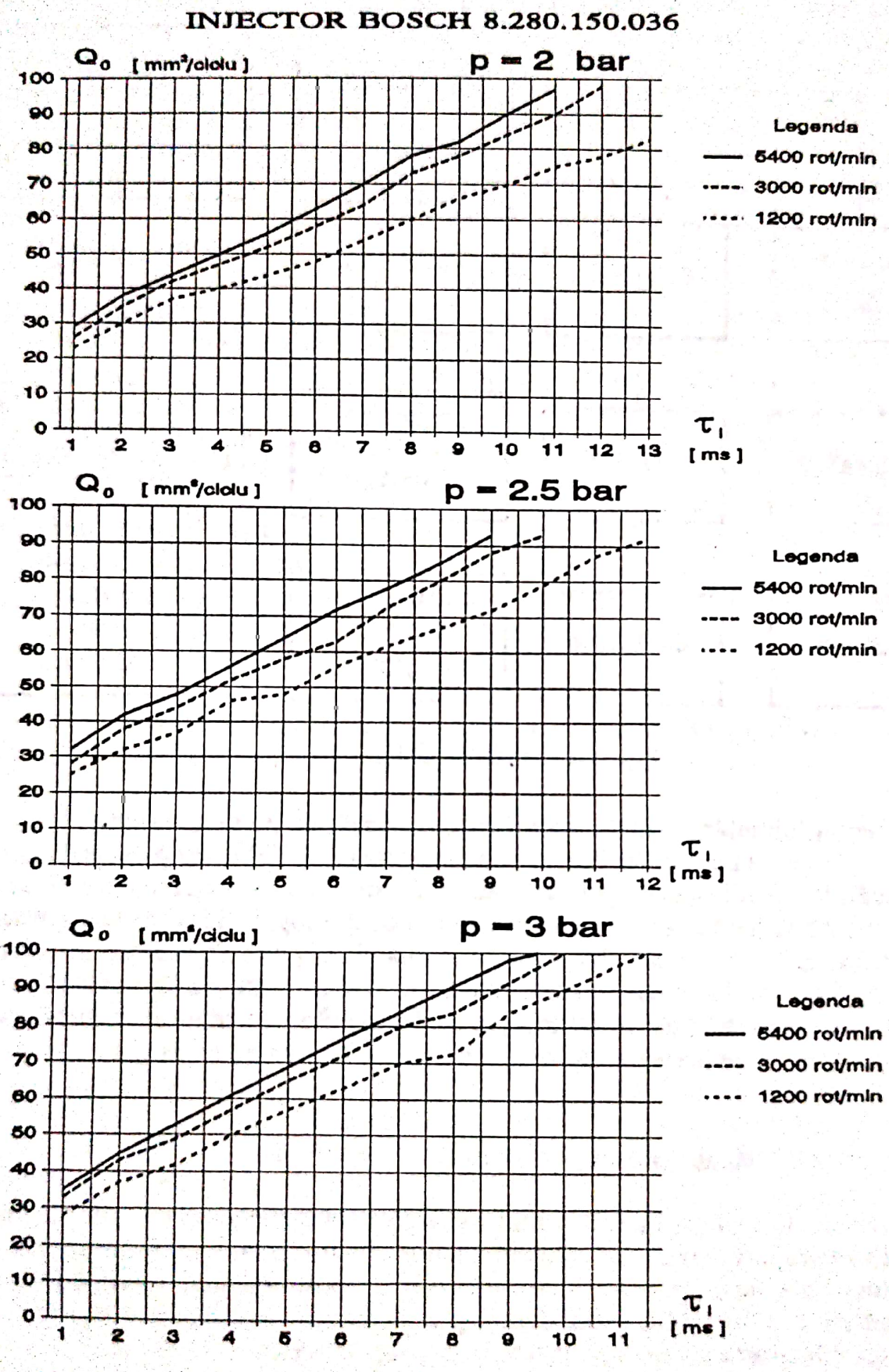


Figura 5.4

Scanned with OKEN Scanner

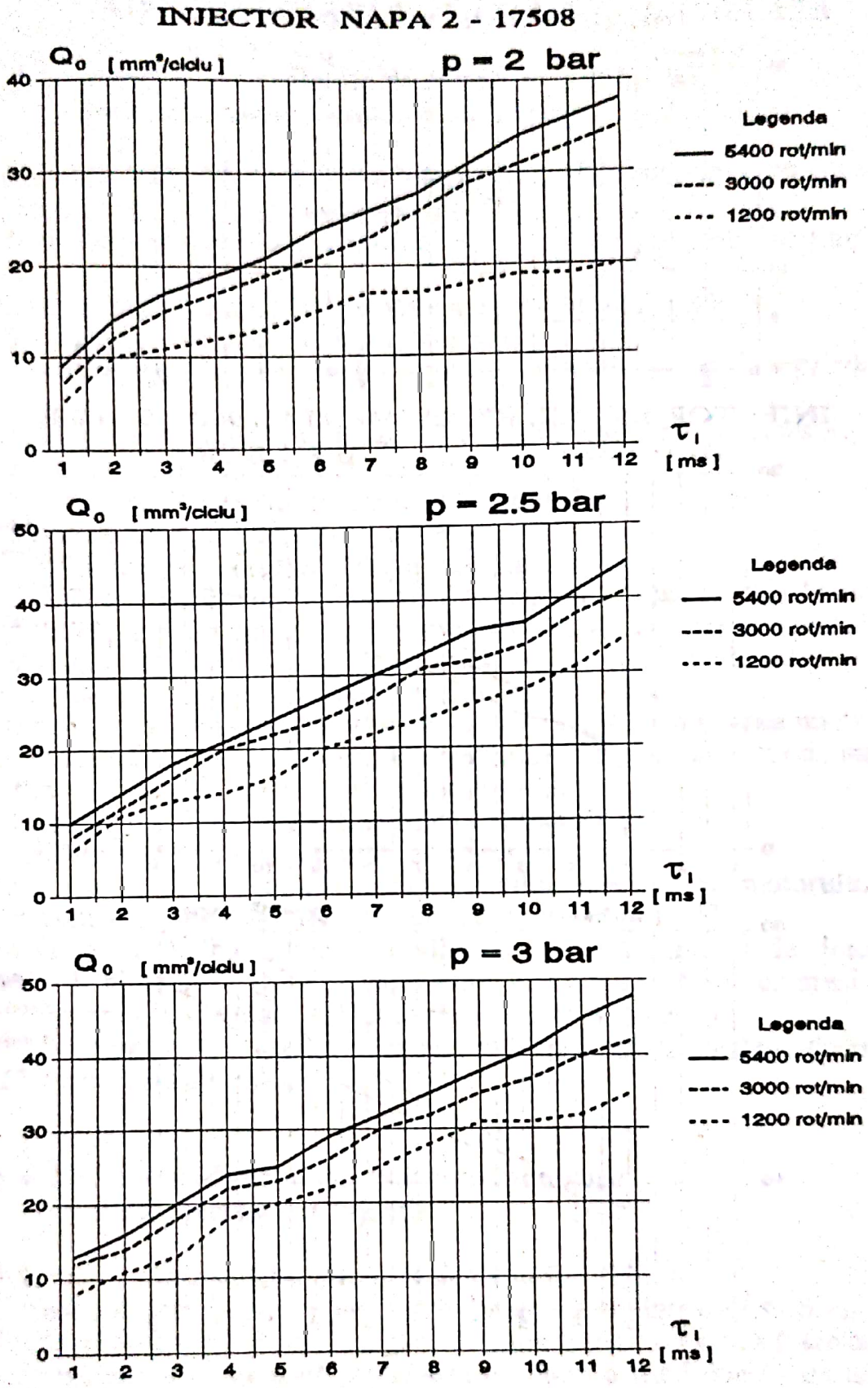


Figura 5.5

Scanned with OKEN Scanner

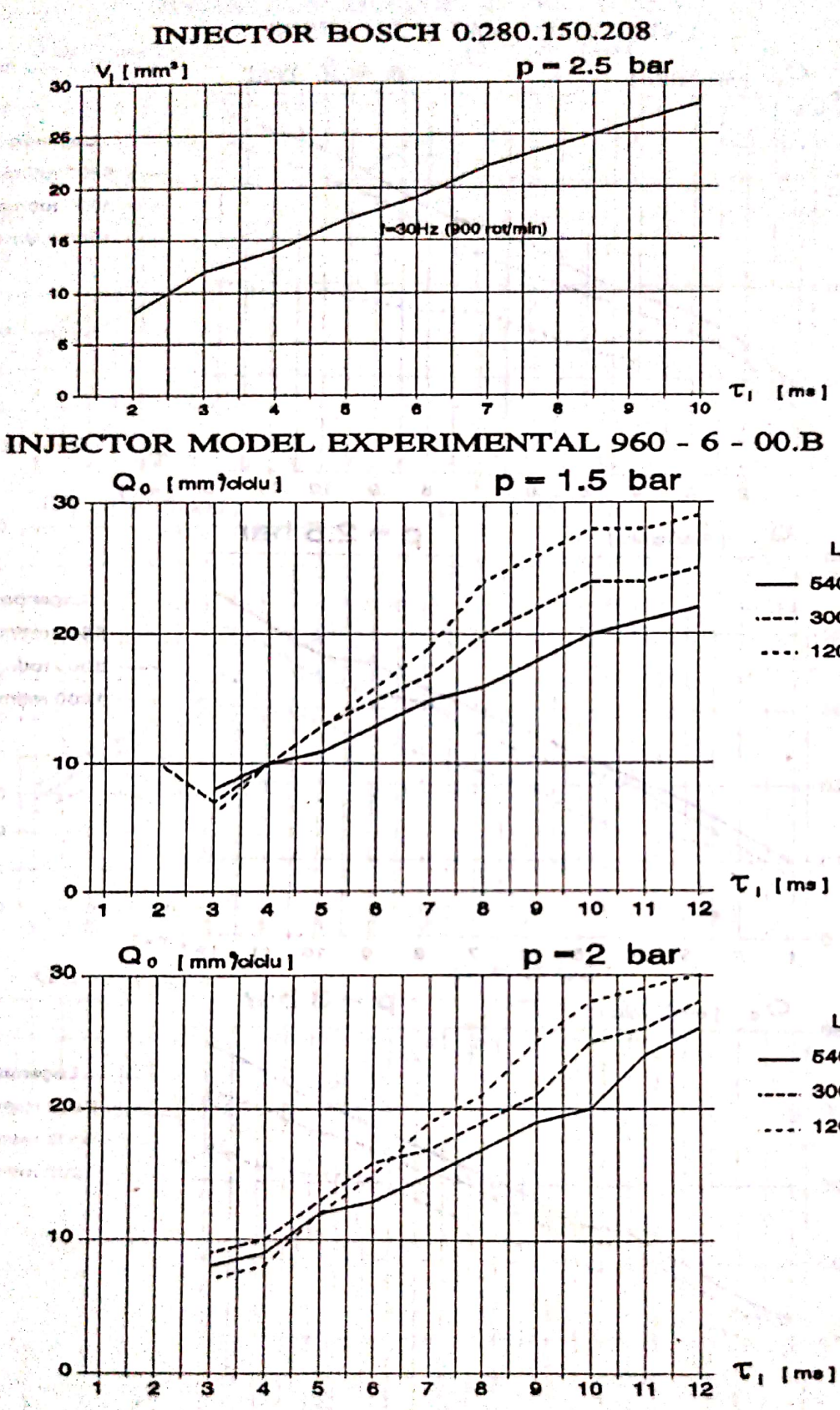


Figura 5.6

Scanned with OKEN Scanner

5.4. STAND DE ÎNCERCĂRI PENTRU MOTOARE CU INJECŢIE CONTROLAT CU LOGICĂ CABLATĂ

5.4.1. Aspecte generale ale realizării standului de încercări pentru motoare cu injecţie

Standul de încercări motoare cu injecţie trebuie să indeplinească anumite condiţii, cum ar fi:

1.să permită reglarea şi controlul cu precizie a parametrului timp de injecţie;

2.să permită reglarea cu acurateţe a avansului la aprindere;

3.să asigure reglarea sarcinii motorului;

4.să asigure afişarea mărimilor timp injecţie, avans la aprindere, sarcină;

Aceste patru condiţii sunt în sarcina blocului electronic de control.

De asemenea standul trebuie să permită:

5.încărcarea motorului (frână dinamometrică);

6.indicarea valorii cuplului rezistent;

7.măsurarea şi indicarea turaţiei motorului;

8.asigurarea anumitor legi de reglaj pentru frână (funcţionarea la turaţie constantă, la cuplu constant sau după o anumită lege de variaţie a cuplului);

9.asigurarea unor protecţii necesare în caz de avarie (scădere presiune ulei, supraîncălzire, scăderea presiunii apei de răcire a frânei etc.);

10.măsurarea consumului specific de benzină (prin cronometrarea timpului de consum a 100 g de benzină şi numărarea turelor efectuate de motor în acest timp precum şi a volumului de aer absorbit);

11.să asigure alimentarea cu benzină a motorului;

12.să permită reglarea presiunii de injecţie;

13.să asigure alimentarea echipamentului electric al motorului la parametri asemănători funcţionării pe automobil;

14.să permită măsurarea şi indicarea unor parametri de interes: temperatura lichidului de răcire, temperatura gazelor de evacuare, presiunea uleiului, temperatura uleiului, tensiunea de alimentare (baterie).

Aceste funcţii sunt realizate cu ajutorul unor echipamente industriale specializate sau realizate ad-hoc.

5.4.2. Schema-bloc a standului de încercare a motoarelor cu injecţie

Schema-bloc a standului este prezentată în fig. 5.7.

Conform schemei-bloc, motorul este interconectat într-o reţea complexă în standul de încercări. Se observă asigurarea alimentării cu benzină folosind un sistem de alimentare cu benzină, presiunea de injecţie fiind controlată de un regulator presiune de injecţie. Asigurarea tensiunii de alimentare pentru sistemul electric al motorului se face de la o baterie de acumulatori şi sistemul alternator + releu regulator. Această configuraţie reproduce cel mai bine condiţiile

Scanned with OKEN Scanner

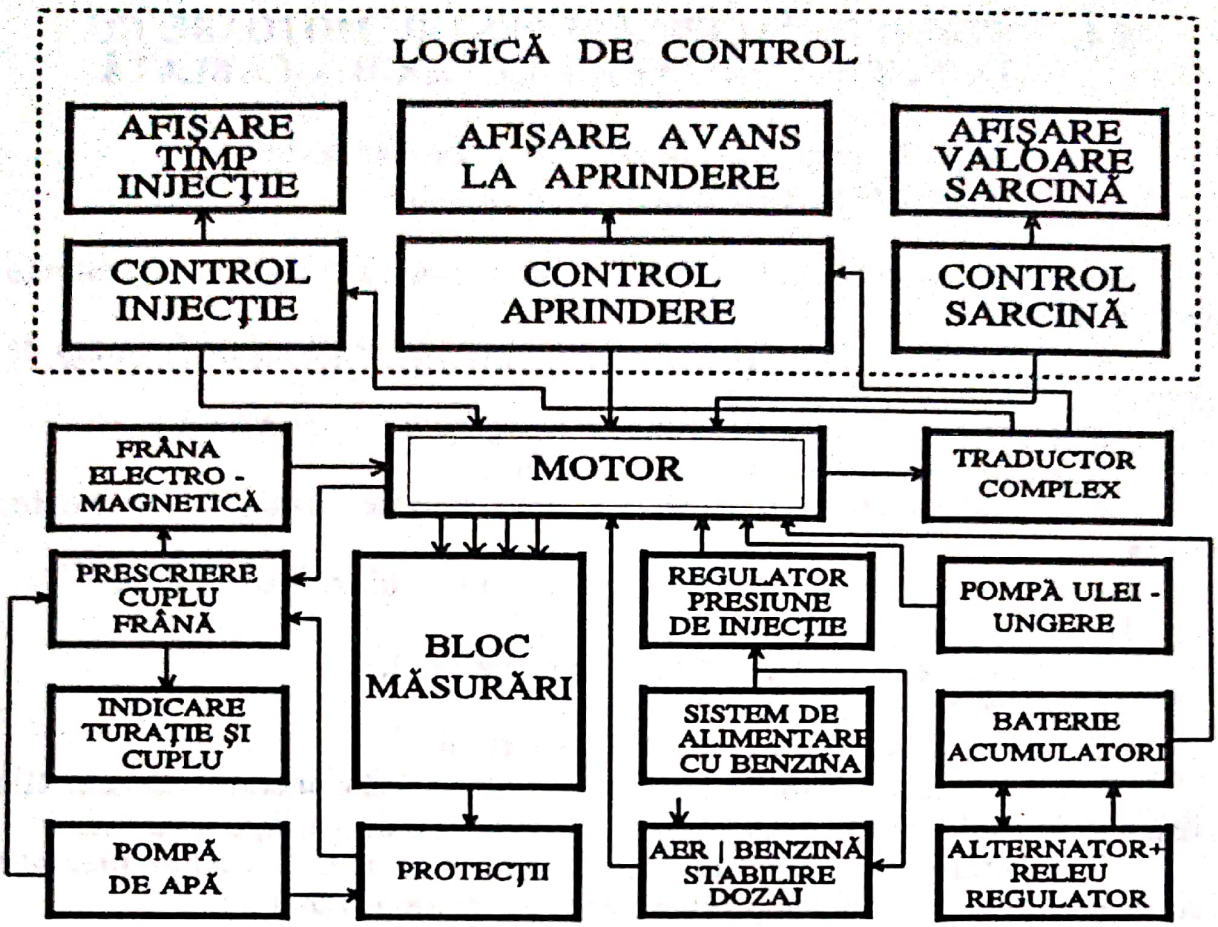


Figura 5.7

concrete de pe automobil. Buna funcţionare a motorului este asigurată de o ungere corectă, folosind o pompă de ulei- ungere.

Încărcarea motorului este asigurată de o frână (electromagnetică). Valoarea cuplului de frânare este prescrisă dintr-un echipament de control frână, cu posibilitatea afişării valorilor de interes cu ajutorul blocului de indicare turaţie şi cuplu. Frâna electromagnetică este răcită cu apă antrenată de o pompă de apă.

O serie de parametri esenţiali ai motorului sunt supravegheaţi cu ajutorul blocului de măsurări: temperaturi lichid de răcire, ulei, gaze de evacuare, presiune de ulei, tensiune baterie, depresiune în galeria de admisie, număr de ture motor.

Informaţiile furnizate de acest bloc sunt preluate de un bloc de protecţii, ca şi informaţia despre presiunea apei de la pompa de apă, pentru a putea asigura siguranţa în funcţionare a întregului ansamblu.

Se stabileşte de asemenea dozajul, prin folosirea informaţiilor despre cantitatea de aer consumată cu o anumită cantitate de benzină şi numărul de ture ale motorului efectuate în acest timp.

Controlul propriuzis al funcţionării este asigurat prin intermediul logicii de control a standului. Trebuie reglate şi controlate mărimile: sarcină, dozaj

Scanned with OKEN Scanner

carburant, avans la aprindere. Aceste funcţii sunt asigurate de blocurile de control sarcină, control injecţie şi control aprindere, parametrii funcţionali fiind indicaţi cu ajutorul sistemelor de afişare valoare sarcină, timp de injecţie şi avans la aprindere. Parametrii funcţionali pot fi modificaţi manual, cu ajutorul unor taste, în vederea optimizării funcţionării motorului şi obţinerii unor performaţe superioare.

Asigurarea sincronizării între sistemul electronic şi motor este sarcina traductorului de faze de lucru, punct mort interior şi domeniu avans. Semnalele de la acest traductor permit injecţia de benzină în cilindrii aflaţi în timpul „admisie", pornirea motorului cu avans zero, marcarea momentului corespunzător trecerii motorului prin punctul corespunzător avansului maxim ca referinţă pentru reglarea avansului la aprindere.

5.4.3. Baza de timp a circuitului de control

În cadrul blocului electronic de control cu logică cablată a standului pentru încercări motoare cu injecţie apar anumite elemente comune sau care sunt preluate în aceaşi formă de mai multe ori, pentru diferite destinaţii.

Necesităţile de prelucrare cu mare precizie în timp au impus o bază de timp etalon adecvată. După o serie de încercări preliminare au rezultat ca fiind necesare următoarele valori pentru tactele de control în sistem:

T1 = 2 μs (f = 500 KHz) - pentru controlul aprinderii;
T2 = 10 μs (f = 100 KHz) - pentru controlul aprinderii;
T3 = 100 μs (f = 10 KHz) - pentru controlul injecţiei.

Având în vedere importanţa determinării cu precizie a parametrilor optimi pentru controlul funcţionării motorului, s-a impus soluţia folosirii unei baze de timp etalon cu cuarţ, a cărei schemă electrică este prezentată în fig. 5.8.

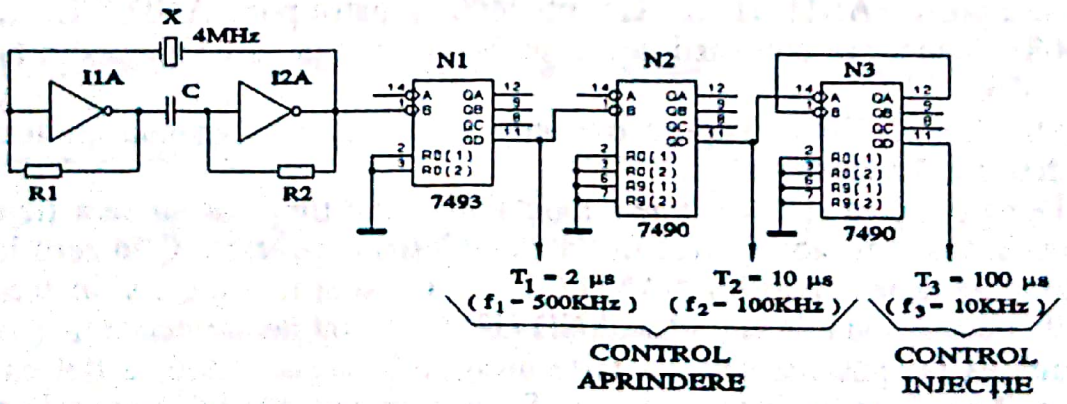


Figura 5.8

Etalonul este un cristal de cuarţ X de 4 MHz, conectat într-o schemă de oscilator ce cuprinde inversoarele I1, I2 (tip 7404). Semnalul de la ieşirea oscilatorului este supus la trei divizări succesive prin 8, 5 şi 10, rezultând factori totali de divizare de 8, 40, 400, ceea ce permite obţinerea semnalelor

Scanned with OKEN Scanner

necesare. Divizarea prin 8 este asigurată de la un numărător binar N1 (tip 7493), atacat pe intrarea Bi. La ieşirea D se obţine tact divizat prin 8. Divizarea prin 5 este asigurată de numărătorul N2 (tip 7490), atacat pe intrarea BDi, semnalul divizat fiind preluat de la ieşirea D. Ultima divizare, prin 10, este asigurată de numărătorul N3 (tip 7490), conectat în schemă de numărător zecimal. Semnalul de intrare este aplicat la intrarea Ai, iar ieşirea este de pe pinul D.

5.4.4. Circuitele de generare a semnalelor de prescriere

Toate mărimile ce determină funcţionarea motorului (sarcină, timp de injecţie, avans la aprindere) trebuie să poată fi reglate manual în timpul probelor, în ambele sensuri (creştere sau descreştere). Controlul numeric al parametrilor se face cu ajutorul numărătoarelor reversibile. Ca urmare, trebuie generate semnale pentru numărarea directă, respectiv numărarea inversă. În ceea ce priveşte fixarea parametrilor, apar două condiţii contradictorii: promptitudinea reglajului, ceea ce impune o frecvenţă mare de numărare şi precizia, ceea ce dictează folosirea unei frecvenţe de numărare reduse. Pentru a permite un control corect al parametrilor sunt prevăzute câte trei taste pe sens de numărare, corespunzător la trei viteze diferite de numărare: mare, medie, redusă. În acest sens s-au ales frecvenţe de câteva zeci de hertzi pentru viteza mare, în jur de 10 Hz pentru viteza medie şi de ordinul hertzilor pentru viteza redusă. Funcţie de scopul urmărit, se acţionează tasta corespunzătoare.

Schema circuitului de generare a semnalelor de prescriere este prezentată în fig. 5.9.

Circuitul cuprinde trei astabile CBA1, CBA2, CBA3, realizate cu tranzistoare bipolare ce permit obţinerea celor trei frecvenţe de lucru pentru semnalele de prescriere. De asemenea apar şase bistabile B1, ..., B6 (tip 7473),şase porţi NAND G1, ..., G6 (tip 7400) şi patru porţi AND G7, ...,G10 (tip 7408). Selectarea comenzii dorite se face prin acţionarea uneia din tastele K1, ..., K6.

Stabilim că CBA1 asigură frecvenţă mare, CBA2 frecvenţă mijlocie şi CBA3 frecvenţă redusă.

După punerea sub tensiune a montajului, atât timp cât nu se acţionează nici o tastă, toate bistabilele trec în starea cu ieşirile inversate $\overline{Q}$ în zero logic, astfel că toate ieşirile porţilor NAND G1, ..., G6 sunt în 1 logic şi în acest fel şi ieşirile de comandă de la porţile AND G8, G10 sunt de asemenea în 1 logic. Funcţionarea la apăsarea oricărei taste decurge în acelaşi mod, astfel că este suficient să analizăm o singură situaţie. Să presupunem că se doreşte selectarea sensului de numărare inversă (pentru modificarea în sensul scăderii unei mărimi), cu o viteză medie de modificare. Pentru aceasta se va apăsa tasta K5. În acest mod se conectează la masă intrarea asincronă prioritară CL a bistabilului B5 care trece imediat în starea cu ieşirea inversată $\overline{Q}$ în 1 logic. Acest nivel validează trecerea (cu inversare) a tactului de la astabilul CBA2. Acest mod de abordare a problemei permite suprimarea oscilaţiilor de contact

Scanned with OKEN Scanner

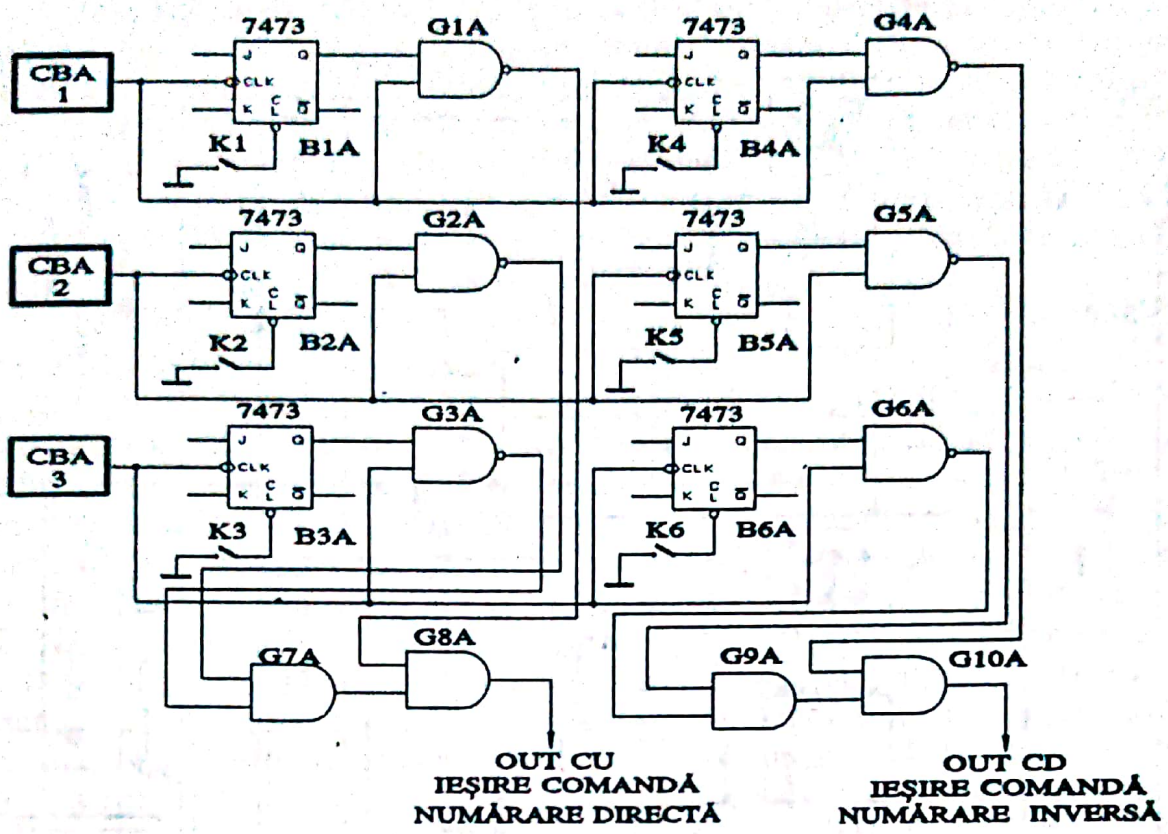


Figura 5.9

ale tastelor şi sincronizarea tactului. La ieşirea porţii G10 se va regăsi (inversat) semnalul de la astabilul CBA2. În mod absolut identic se poate descrie funcţionarea circuitului la apăsarea celorlalte taste.

Funcţionarea circuitului, funcţie de tasta apasată, rezultă din tabelul 5.1.

TABELUL 5.1

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
OUT CU	TACT RAPID	TACT MEDIU	TACT LENT	1 LOGIC	1 LOGIC	1 LOGIC
OUT CD	1 LOGIC	1 LOGIC	1 LOGIC	TACT RAPID	TACT MEDIU	TACT LENT

5.4.5. Circuitul de control al injecţiei

Circuitul de control al injecţiei trebuie să permită fixarea valorii dorite a duratei impulsurilor de injecţie şi distribuirea acestora către injectoare, în concordanţă cu funcţionarea motorului [19].

În fig. 5.10 este prezentat circuitul de fixare a valorii timpului de injecţie [19], [66]. Semnalele de presciere sunt furnizate de un bloc de prescriere de tipul celui prezentat în fig. 5.9. Tactul etalon este furnizat de baza de timp etalon (fig. 5.8), de la ieşirea T3 (perioada de tact 100 μs).

Scanned with OKEN Scanner

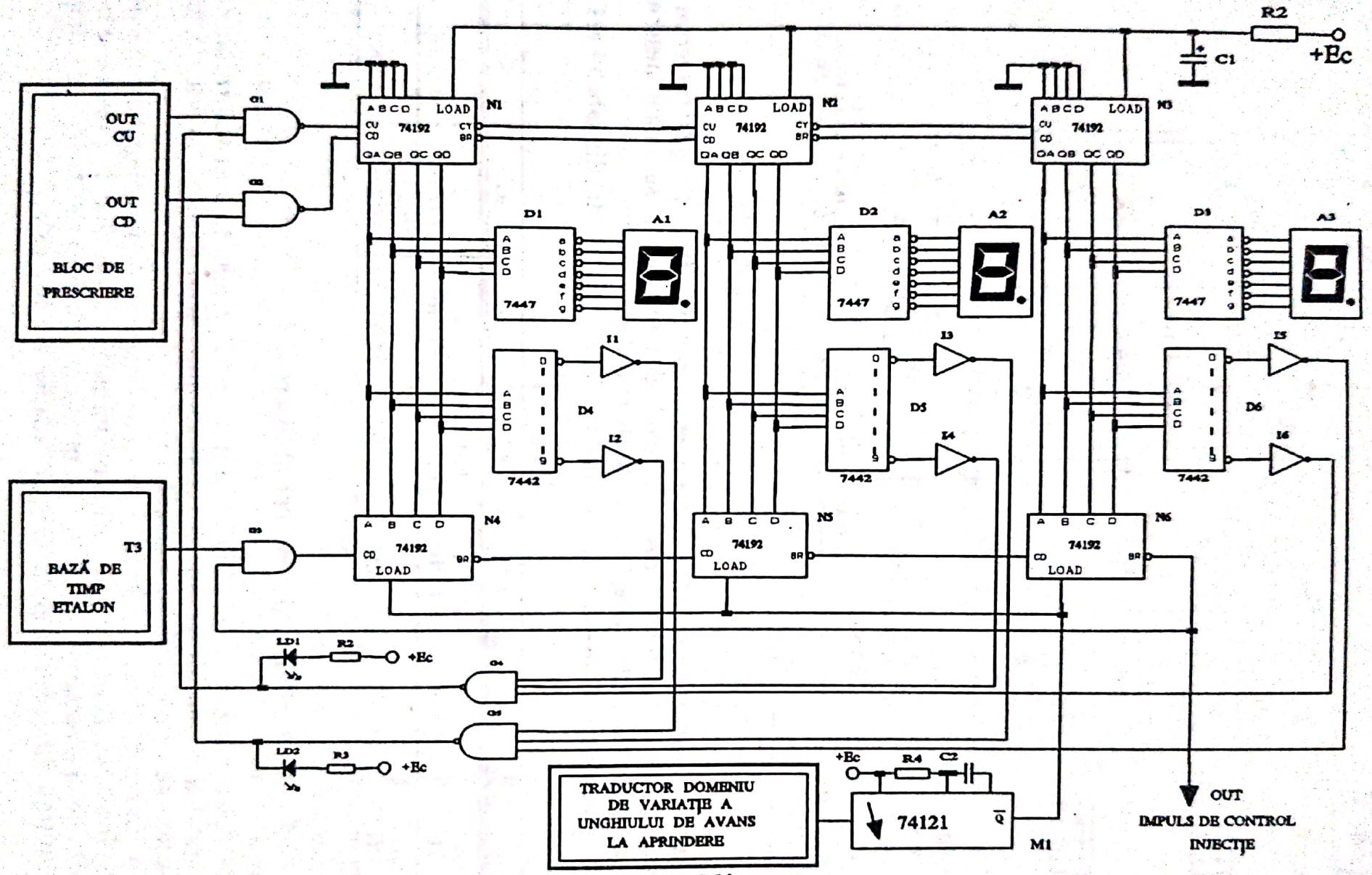


Figura 5.10

Scanned with OKEN Scanner

Numărătoarele N1, N2, N3 (tip 74192) sunt conectate în cascadă într-o configuraţie pe trei digiţi, cu posibilitatea numărării în ambele sensuri. Iniţializarea numărătorului la punerea sub tensiune a montajului este cu valoarea 000. Aceasta se obţine prin conectarea la masă (zero logic) a intrărilor de date A, B, C, D ale numărătoarelor şi utilizarea unui grup R1, C1, care asigură la conectarea tensiunii de alimentare, pe o durată suficientă, zero logic la intrarea de încărcare LD. În acest fel, întotdeauna la punerea în funcţiune a montajului, se pleacă de la valoarea 00.0 ms (afişată) a timpului de injecţie.

Semnalele de prescriere pentru numărare în sens direct, de la intrarea CU a numărătorului N1, sau pentru numărare în sens invers, de la intrarea CD a aceluiaşi numărător, se obţin de la ieşirile porţilor G1, G2 (tip 7400). Aceste porţi primesc pe o intrare tactele de la blocul de prescriere, iar pe celelalte intrări semnale de autorizare, cu rolul de a bloca numărarea în sens direct la atingerea valorii 999 şi a numărării în sens invers la atingerea valorii 000. Această precauţie evită apariţia unor discontinuităţi accidentale în funcţionarea injecţiei, datorate neatenţiei operatorului. Stările circuitului de prescriere N1, N2, N3 sunt decodificate şi afişate cu ajutorul integratelor decodificatoare BCD - 7 segmente (tip 7447) şi a afişoarelor A1, A2, A3. Semnalele de autorizare a numărării se obţin pornind de la decodificarea stărilor celor trei numărătoare N1, N2, N3. Pentru aceasta se folosesc decodificatoarele BCD - zecimal D4, D5, D6 (tip 7442). Ieşirile $\overline{0}$ şi $\overline{9}$ ale acestor decodificatoare (active pe nivel zero logic) sunt inversate cu ajutorul inversoarelor I1, I3, I5, respectiv I2, I4, I6. Ieşirile inversoarelor I1, I3, I5 sunt conectate la intrările unei porţi NAND G5 (tip 7410), astfel că la ieşirea acesteia se obţine nivel zero logic numai atunci când numărătorul este în starea 000. Situaţia este semnalizată prin aprinderea diodei electroluminiscente LD2. În acelaşi timp, nivelul zero logic de la ieşirea porţii G5 inhibă poarta G2 ce rămâne cu ieşirea în 1 logic. Prin urmare, la atingerea valorii 000, în timpul numărării inverse, nu se mai autorizează trecerea tactului către intrarea de numărare inversă CD, intrare ce rămâne la nivel 1 logic prin mecanismul de blocare a tactului (cu reacţie). În schimb, se va putea activa intrarea de numărare directă CU. Când se activează numărarea directă şi se atinge valoarea 999, ieşirile inversoarelor I2, I4, I6 sunt toate în 1 logic, iar ieşirea porţii G4 (tip 7410) este numai în acest caz în zero logic. Situaţia de extrem (maxim) este semnalizată prin aprinderea diodei electroluminiscente LD1. În acelaşi timp, nivelul zero logic de la ieşirea porţii G4 inhibă poarta G1 ce rămâne în starea 1 logic la ieşire. Tactul de numărare directă nu se mai poate propaga şi datorită reacţiei stabilite numărătorul rămâne în starea 999 şi cu intrarea de numărare directă CU la nivel 1 logic. Numărătorul poate fi deci scos din această stare prin activarea numărării inverse. În acest mod se poate prescrie orice valoare din intervalul 000 ... 999, cu suprimarea posibilităţii numărării în inel, atât în sens direct cât şi în sens invers.

Impulsurile pentru controlul injecţiei se obţin cu ajutorul numărătoarelor N4, N5,N6 (tip 74192), conectate în cascadă şi utilizate pentru numărarea în sens invers. Intrările de date A, B, C, D ale numărătoarelor N4, N5, N6 sunt conectate la ieşirile Q_A, Q_B, Q_C, Q_D corespunzătoare ale numărătoarelor N1, N2, N3. Semnalul de încărcare al numărătoarelor (zero logic) se aplică

Scanned with OKEN Scanner

intrărilor de încărcare LD. Acest semnal este preluat de la circuitul basculant monostabil M1, de pe ieşirea inversată $\overline{Q}$ şi are durata de câteva microsecunde (foarte mică în raport cu tactul numărătorului).

Cum capacitatea maximă a numărătorului de 3 decade N4, N5, N6 este 999, iar tactul are valoarea de 100 μs, rezultă o valoare maximă a timpului de injecţie de 99,9 ms, ceea ce este suficient pentru orice regim de funcţionare a motorului.

În momentul în care numărătorul trece prin punctul mort interior, fapt ce determină apariţia unui front descendent la ieşirea traductorului de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere, se declanşează monostabilul M1, care trece cu ieşirea $\overline{Q}$ în zero logic. În acest fel, valoarea din circuitul de prescriere N1, N2, N3, este transferată în circuitul N4, N5, N6 datorită activării intrărilor de încărcare LD. Având în vedere că această valoare este diferită de 000, ieşirea de împrumut BR a numărătorului N6 trece în 1 logic şi validează poarta AND G3 (tip 7408). Din acest moment, tactele de la baza de timp etalon pot trece prin poartă şi se aplică intrării de numărare inversă CD. După un număr de tacte egal cu valoarea iniţial înscrisă în numărător se atinge valoarea 000, ieşirea de împrumut BR a numărătorului N6 trece în zero logic şi ieşirea porţii G3 (care era zero logic datorită tactului) rămâne în zero datorită inhibării produse de semnalul de reacţie de la ieşirea BR. Circuitul rămâne în starea 000 până se comandă o nouă încărcare pe la intrările de date. Impulsul de durata dorită se obţine de la ieşirea de împrumut BR a numărătorului N6 şi este utilizat pentru formarea impulsurilor de comandă ale injectoarelor. Un nou impuls de durată prestabilită se obţine după o nouă declanşare a monostabilului M1 la trecerea motorului prin punctul mort interior.

Având în vedere faptul că motorul de 4 cilindri este alimentat prin injecţie multipunct (4 injectoare), impulsurile de control injecţie trebuie distribuite celor patru injectoare după o anumită strategie.

Motorul ARO are succesiunea la admisie 1-2-4-3. Având în vedere caracteristica de dozaj a injectoarelor folosite (NAPA 2- 17508) şi posibilităţile de lucru ale standului (flexibilitate redusă datorită utilizării logicii cablate), s-a adoptat următoarea soluţie în privinţa injecţiei: injectoarele sunt grupate câte două, astfel: cilindrul *1* cu *4* şi cilindrul *2* cu *3*, putându-se comanda o injecţie pe ciclu (când sunt pe admisie cilindrii *1* respectiv *2*) sau două injecţii pe ciclu, grupa de injectoare *1-4* fiind comandată când sunt în admisie cilindrii *1* sau *4*, iar grupa *2-3* când sunt în admisie atât cilindrul *2* cât şi cilindrul *3*. Modul de lucru cu o singură injecţie pe ciclu asigură o funcţionare satisfăcătoare în domeniul sarcinilor reduse, în timp ce modul de lucru cu două injecţii pe ciclu asigură suficientă putere motorului la regimuri cu sarcini mari, utilizând timpi de injecţie de valori moderate. În acest fel durata injecţiei nu depăşeşte durata admisiei. În caz contrar ar apărea o funcţionare defectoasă (datorită structurii de comandă realizate).

Identificarea cilindrului aflat în admisie se realizează cu ajutorul traductorului de faze de lucru, care codifică pe doi biţi L1, L0 (în cod Gray) cei patru cilindri ai motorului, după cum urmează:

cilindrul 1 – cod 00;
cilindrul 2 – cod 01;

Scanned with OKEN Scanner

cilindrul 4 – cod 11;
cilindrul 3 – cod 10.

Distribuirea impulsurilor de injecţie către cele patru injectoare este asigurată, conform principiilor enunţate, cu ajutorul unui circuit a cărui schemă este prezentată în fig. 5.11.

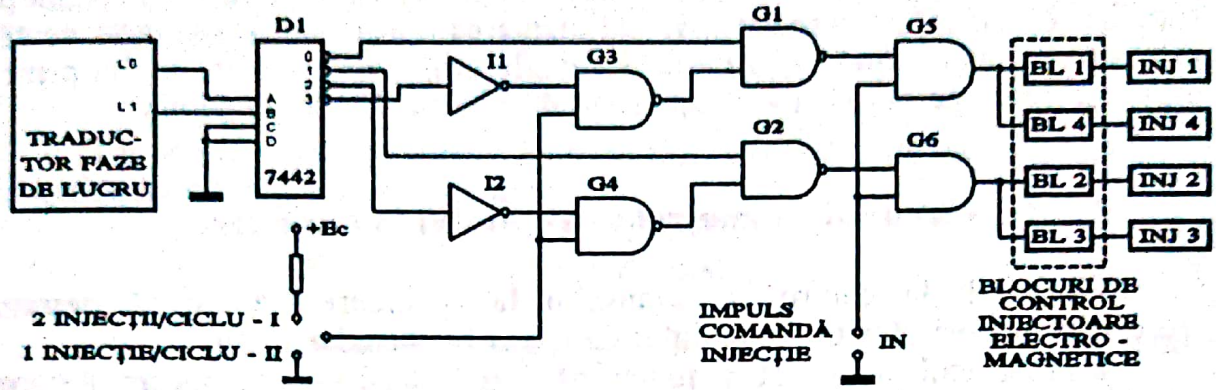


Figura 5.11

Circuitul conţine un decodificator D2 (tip 7442) ce decodifică stările de la traductorul de faze de lucru (de la ieşirile L0, L1). Conform codificării în cod Gray a cilindrilor, rezultă urmatoarea dependenţă:

ieşirea $\overline{0}$ – cilindrul 1;
ieşirea $\overline{1}$ – cilindrul 2;
ieşirea $\overline{2}$ – cilindrul 3;
ieşirea $\overline{3}$ – cilindrul 4.

Decodificarea se face prin apariţia nivelului zero logic la ieşirea în cauză. Cu ajutorul porţilor G1, G2, G3, G4 (tip 7400), a inversoarelor I1, I2 (tip 7404) şi a comutatorului K se realizează prescrierea modurilor de lucru (cu o injecţie sau cu două injecţii pe ciclu) şi formarea semnalelor de selecţie a cilindrilor. Prescrierea modurilor de lucru este realizată cu ajutorul comutatorului K, fixat pe panoul frontal al dulapului de comandă. Pe poziţia I a comutatorului K se realizează două injecţii pe ciclu, iar pe poziţia II, o injecţie pe ciclu. Funcţionarea decurge astfel: pe poziţia I, cu ajutorul contactului comutatorului K se transmite semnal 1 logic la porţile G3, G4. În acest fel porţile sunt validate. Pe celelalte intrări porţile primesc semnale de la ieşirile *3*, respectiv *2* ale decodorului D1, inversate cu ajutorul inversoarelor I1, I2. La ieşirea porţii G3 se obţine semnal zero logic atunci când motorul este cu cilindrul *4* în faza admisie (zero logic la ieşirea *3* a decodorului D1), iar ieşirea porţii G4 este în zero logic atunci când este pe admisie cilindrul *3*. Prin urmare, poarta G1 primeşte pe intrări alternativ zero logic, după cum sunt pe admisie cilindrul *1*, respectiv cilindrul *4*, iar la ieşirea acestei porţi se obţine semnal unu logic care validează trecerea prin poarta ŞI G5 a impulsului de control injecţie. În mod absolut identic, poarta G6 va fi validată pentru trecerea impulsurilor de control injecţie când este pe admisie cilindrul *2*, respectiv *3*. Ieşirea porţii G5 este conectată la intrările blocurilor de control al injectoarelor electromagnetice

Scanned with OKEN Scanner

BL1, BL4 care controlează acţionarea injectoarelor de pe cilindrii *1* şi *4* (INJ1, INJ4). Semnalul de la ieşirea porţii G6 permite, prin intermediul blocurilor de control BL2, BL3, acţionarea injectoarelor de pe cilindrii *2* şi *3* (INJ2, INJ3).

Când comutatorul K este pe poziţia II se transmite semnal zero logic pe intrările corespunzătoare ale porţilor G3 şi G4, ale căror ieşiri trec în unu logic. În acest fel se dezactivează comanda grupelor de injectoare atunci când sunt pe admisie cilindrii *3*, respectiv *4*. Alimentarea cu benzină se face pentru injectoarele de pe cilindrii *1-4* numai când cilindrul *1* este pe admisie, iar pentru injectoarele de pe cilindrii *2-3* numai când cilindrul *2* este pe admisie.

5.4.6. Circuitul de control al avansului la aprindere

Circuitul de control al avansului la aprindere trebuie să permită prescrierea valorii dorite a unghiului de avans la aprindere [20].

Din punctul de vedere al funcţionării aprinderii s-a adoptat următoarea soluţie: pornirea motorului se face pe avans fix de 0°, ceea ce evită apariţia unor impulsuri de aprindere cu avans, care, la turaţiile reduse de antrenare ale motorului de către demaror, ar putea „da peste cap" motorul. Acest tip de incident nu permite pornirea motorului, provocând de asemenea solicitări însemnate în sistemul mecanic, deci uzura prematură a motorului. După pornirea motorului se trece (cu comandă manuală) la funcţionarea cu două impulsuri de aprindere pe fiecare timp de aprindere: un prim impuls este furnizat la avansul dorit, iar cel de-al doilea cu avans zero. În acest fel se îmbunătăţesc performanţele de aprindere şi de ardere ale amestecului, ceea ce se traduce printr-un mers mai „rotund" şi scăderea nivelului noxelor poluante.

Întrucât, din punct de vedere practic, nu se poate realiza o secvenţă de timp în avans, soluţia folosită este următoarea: cu ajutorul unui traductor adecvat se sesizează momentul trecerii motorului prin punctul corespunzător avansului maxim la aprindere (cunoscut din caracteristicile de aprindere cu sistem clasic). Faţă de acest moment se realizează o anumită întârziere, dependentă de turaţie, astfel încât sfârşitul temporizării să corespundă momentului în care motorul se găseşte în poziţia unghiulară a avansului la aprindere dorit.

Relaţia ce exprimă funcţionarea după acest principiu este următoarea:

$$\beta = \beta_{max} - 60 \cdot n \cdot t_i, \qquad (5.1)$$

unde

β — avansul la aprindere dorit [°RAC];
β_{max} — avansul maxim la aprindere [°RAC];
n — turaţia motorului [rot/min];
t_i — întârzierea faţă de momentul trecerii prin punctul corespunzător avansului maxim [s].

Pentru a realiza buna reglare a avansului la aprindere pe acest principiu, trebuie avute în vedere anumite aspecte: la turaţii reduse avansul este relativ mic, ceea ce, conform relaţiei (5.1), impune valori mari ale întârzierii t_i, în

Scanned with OKEN Scanner

timp ce la turaţii mari avansul creşte, ducând la reducerea valorii t_i. Cum t_i se obţine pe baza numărării unor tacte, utilizarea unei durate relativ mari a tactului, convenabilă la turaţii reduse, afectează controlul avansului la turaţii mari, prin scăderea rezoluţiei reglajului. Pentru a depăşi aceste contradicţii s-a adoptat soluţia folosirii unui numărător cu capacitate relativ mare (5 digiţi) şi a două frecvenţe de numărare, comutabile manual. Semnalele de tact sunt furnizate de baza de timp etalon a circuitului de control (fig. 5.8) de la ieşirile T1 şi T2, având valorile pentru perioade:

T1 – 2 μs (f = 500 KHz);
T2 – 10 μs (f = 100 KHz).

Cu aceste valori ale perioadelor de tact, expresiile de calcul a avansului la aprindere adoptă următoarea formă:

$$\beta = \beta_{max} - n \cdot V1 \cdot 1{,}2/10000 \quad (5.2)$$

$$\beta = \beta_{max} - n \cdot V2 \cdot 6/10000, \quad (5.3)$$

unde:

$V1$ – valoarea înscrisă în numărătorul de prescriere când tactul folosit este de 2 μs;

$V2$ – valoarea înscrisă în numărătorul de prescriere când tactul folosit este de 10 μs.

Având în vedere aceste aspecte, circuitul de prescriere a valorii unghiului de avans la aprindere are schema electrică ca în fig. 5.12 [20].

Valoarea necesară a întârzierii t_i se fixează în circuitul de numărare realizat cu integratele N1, N2, N3, N4, N5 (tip 74192) [66] conectate în cascadă şi cu posibilitea numărării selectabile în ambele sensuri. Semnalele de prescriere sunt preluate din blocul de prescriere (de tipul din fig. 5.9). Stările numărătorului sunt decodificate şi afişate cu ajutorul decodificatoarelor D1, ..., D5 (tip 7447) respectiv a afişajelor A1, ..., A5. Circuitul de numărare N1, .., N5 este prevăzut cu posibilitatea blocării în starea 99999, când se numără direct şi în starea 00000, când se numără invers. De asemenea, la punerea sub tensiune a montajului, numărătorul se încarcă automat cu valoarea 00000. Aceste funcţii se realizează utilizând intrările asincrone prioritare de încărcare LD, respectiv de ştergere CL ale circuitelor tip 74192. Se observă că ieşirea de transport CY a numărătorului N5 este conectată la intrările de încarcare LD ale numărătoarelor N1, ..., N5. În momentul în care numărătorul are valoarea 99999 şi tactul de la intrarea de numărare directă CU trece la nivel zero logic (cu o întârziere cumulată provocată de propagarea serie), se forţează încărcarea prin intermediul intrărilor de date A, B, C, D, ale circuitelor N1, ..., N5. Toate aceste circuite au cablate intrările de date pentru valoarea 9, astfel că la atingerea valorii 99999 se comandă încărcarea valorii 99999, deci se suprimă efectul tactului. Acest lucru este posibil având în vedere că numărătoarele sunt activate pe frontul crescător al impulsului de tact şi de faptul că ieşirea de transport CY este zero când circuitul tip 74192 este în starea 9 şi intrarea de tact CU este la nivel zero logic. La trecerea în 1 logic a tactului, ieşirea CY trece în 1 logic, cu întârzierea de propagare corespunzătoare. În acest fel tactul de după starea 99999 nu are nici un efect, întrucât frontul crescător al tactului de la intrarea de numărare directă CU a numărătorului N1 găseşte în zero logic ieşirea de transport CY de la numărătorul N5, care, fiind legată la intrările de

Scanned with OKEN Scanner

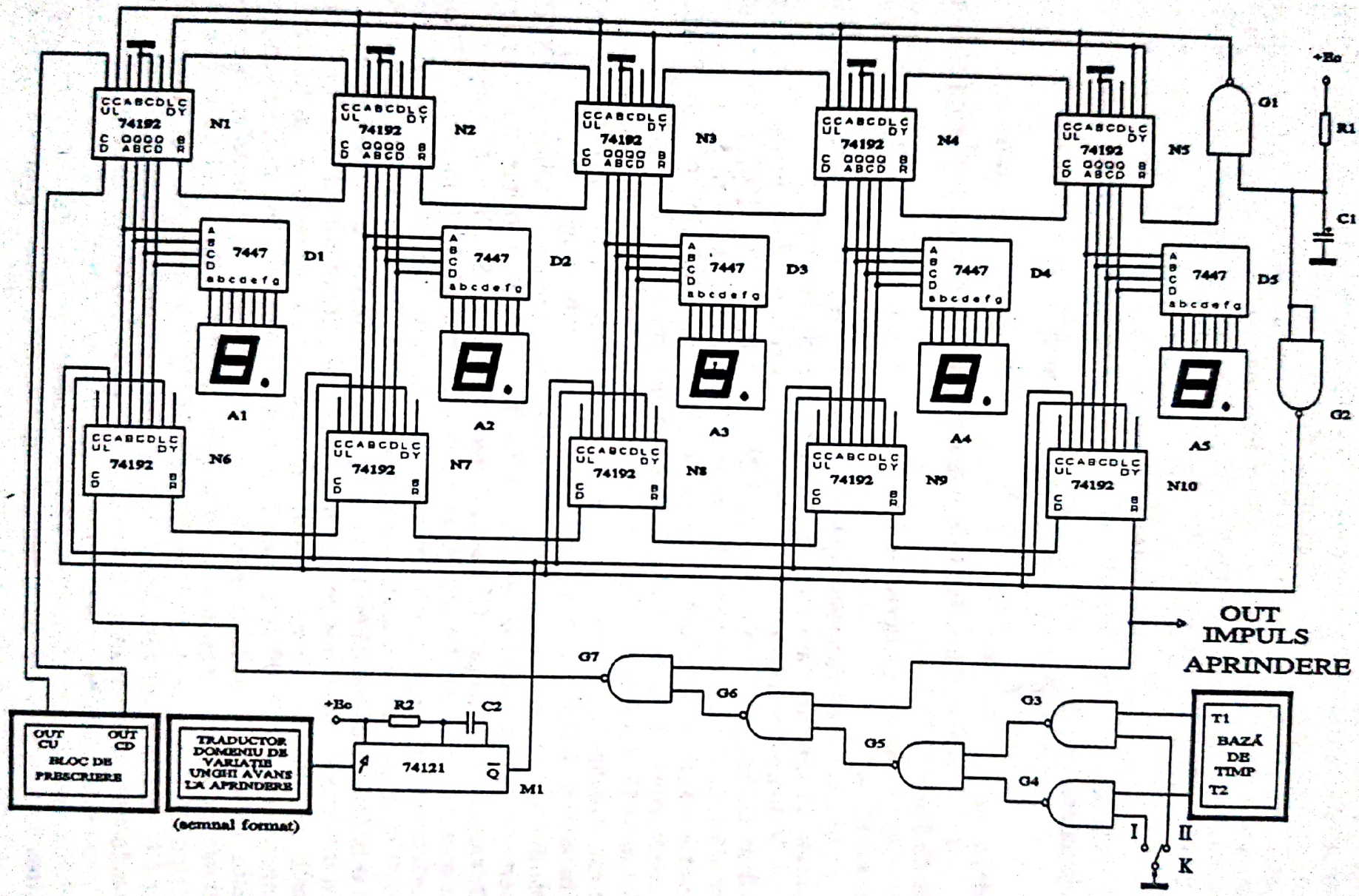


Figura 5.12

Scanned with OKEN Scanner

încărcare LD, are acţiune prioritară în raport cu tactul, în sensul încărcării (respectiv menţinerii) valorii 99999. Iniţializarea în starea 00000 a circuitului la punerea sub tensiune a montajului este asigurată de poarta G1 (tip 7400), a cărei ieşire este conectată la ieşirile de ştergere (clear) CL ale circuitelor N1, ..., N5. Una din intrările porţii G1 preia semnal de pe condensatorul C1, conectat în serie cu rezistenţa R1 legată la sursa de alimentare Ec. La punerea sub tensiune a montajului, condensatorul C1 este descărcat (zero logic) şi ieşirea porţii G1 trece la nivel 1 logic, ceea ce forţează ştergerea numărătoarelor pe la intrările CL (active pe nivel 1 logic). După ce condensatorul C1 se încarcă (1 logic), ieşirea porţii G1 are condiţia trecerii în zero logic. Aceasta se întâmplă dacă şi cea de-a doua intrare a porţii G1 este în 1 logic. Situaţia presupune că ieşirea de împrumut BR a numărătorului N5 este în 1 logic. Faptul are loc atunci când numărătorul N1, ..,N5 este în stare diferită de 00000, fie în starea 0000, dar intrarea de numărare inversă CD este la nivel 1 logic. Ultima condiţie este îndeplinită atât timp cât nu se acţionează tastele de prescriere pentru numărare în sens invers. Prin trecerea la nivel zero logic a ieşirii porţii G1 se dezactivează funcţia de ştergere asincronă prioritară, putându-se comanda numărarea directă. Dacă, după iniţializare, se apasă o tastă pentru numărare în sens invers, atunci mai întâi intrarea de numărare inversă CD de la numărătorul N1 trece în zero logic, astfel că, după propagarea transportului, ieşirea de împrumut BR de la N5 trece în zero logic, ieşirea porţii G1 trece în 1 logic şi se forţează ştergerea circuitului. Când apare front crescător la intrarea de numărare inversă CD (ce ar putea influienţa starea numărătorului), intrările de ştergere CL sunt în 1 logic, astfel încât conţinutul circuitului rămâne 00000. Prin aceste măsuri de precauţie se evită numărarea în inel, atât pentru sensul direct, cât şi pentru sensul invers, suprimându-se discontinuităţile valorii temporizării t_i, ce nu ar putea fi „suportate" de către motor. Folosind tastele din blocul de prescriere se poate fixa orice valoare în domeniul 00000, ..., 99999. Valoarea prescrisă este transferată de la ieşirile Q_A, Q_B, Q_C, Q_D ale numărătoarelor N1, ..., N5 în numărătoarele N6, ..., N10 (tip 74192) folosind intrările de date A, B, C, D şi intrările de încărcare LD. Numărătorul N6, ..., N10 este conectat într-o schemă de numărare inversă. Încărcarea valorii prescrise în circuitul N6, ..., N10 se face prin intermediul semnalului furnizat de ieşirea inversată $\overline{Q}$ a monostabilului M1 (tip 74121), declanşat de semnalul format provenit de la traductorul de domeniu de variaţie al unghiului de avans la aprindere. Declanşarea se face în momentul apariţiei frontului crescător al acestui semnal, situaţie ce corespunde trecerii motorului prin poziţia unghiulară corespunzătoare avansului maxim la aprindere. Încărcându-se o valoare diferită de 00000 în circuitul N6,..,N10, ieşirea de împrumut BR a numărătorului N10 este la nivel 1 logic, validându-se poarta G6 (tip 7400). Prin această poartă va trece tactul necesar temporizării. Semnalul de la ieşirea porţii G6 poate trece prin poarta G7 (tip 7400), imediat după dispariţia impulsului de încărcare de la monostabilul M1. Pentru a nu afecta rezoluţia, durata impulsului de încărcare este sub 1 μs. După dispariţia impulsului de încărcare, impulsurile de tact de la ieşirea porţii G7 se aplică intrării de numărare inversă CD a numărătorului N6. După un număr de tacte egal cu numărul înscris iniţial în circuitul N6, ..., N10 se atinge valoarea 00000. Când tactul de la intrarea CD a circuitului N6 trece

Scanned with OKEN Scanner

în zero logic, ieşirea de împrumut BR a numărătorului N10 trece în zero logic. Astfel se inhibă tactul şi poarta G6 capătă la ieşire nivel 1 logic. Poarta G7 primeşte pe ambele intrări semnal 1 logic şi ieşirea trece în zero logic. Se crează astfel o reacţie ce menţine numărătorul în starea 00000, cu suprimarea tactului de numărare. Depăşirea acestei situaţii şi începerea unei noi etape de numărare se face după reîncărcarea numărătoarelor N6, ...,N10, sub acţiunea impulsului de la intrările LD, apărut în momentul trecerii motorului prin poziţia unghiulară corespunzătoare avansului maxim la aprindere. Impulsul utilizabil, rezultat din această prelucrare a informaţiei, este preluat de la ieşirea de împrumut BR a numărătorului N10. Durata temporizării realizate depinde de durata tactului utilizat. De la generatorul de tact se preiau două valori, T1, T2, care se pot comuta cu ajutorul porţilor G3, G4, G5 (CDB400) şi a comutatorului K. Pe poziţia I se selectează tactul T1, iar pe poziţia II, tactul T2.

Cu ajutorul porţii G2 (tip 7400), folosită ca inversor, se asigură resetarea iniţială a numărătoarelor N6, ..., N10.

Modul de obţinere a semnalului de aprindere rezultă din schema electrică a circuitului prezentat în fig. 5.13

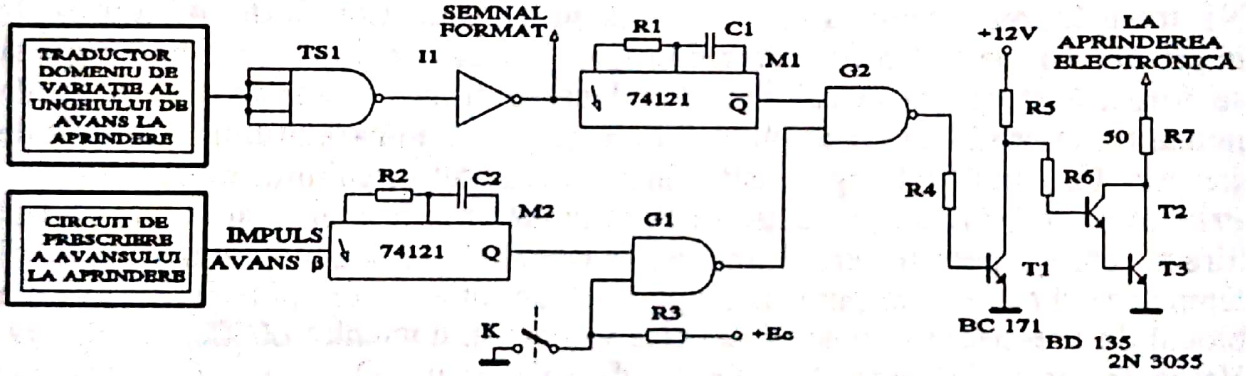


Figura 5.13

Se observă formarea semnalului dat de traductorul de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere cu ajutorul triggerului Schmitt TS1 (tip 7413) şi al inversorului I1 (tip 7404). Semnalul obţinut este folosit pentru declanşarea pe front crescător a monostabilului M1 din fig. 5.12 şi declanşarea pe front căzător a monostabilului M1 din fig. 5.13. Din acest mod de funcţionare rezultă că declanşarea pe front căzător corespunde avansului zero la aprindere.

Monostabilul M2 este declanşat pe frontul căzător al impulsului pentru avans, furnizat de circuitul din fig. 5.12 în modul prezentat anterior.

Impulsurile date de monostabilele M1, M2 au durate scurte (1ms) şi se folosesc, printr-o mixare adecvată, la comanda aprinderii. Mixarea impulsurilor este realizată cu ajutorul porţilor G1, G2 (tip 7400), iar modul de lucru este controlat de contactul K, acţionat sincron cu contactul de cuplare a demarorului. Astfel, când se efectuează operaţia de pornire a motorului, contactul K realizează o legătură la masă, încât poarta G1 este inhibată şi nu se permite propagarea impulsurilor de avans controlate de circuitul de prescriere.

Scanned with OKEN Scanner

Ieşirea porţii G1 este 1 logic şi impulsurile (pe nivel zero logic) de la ieşirea inversoare $\overline{Q}$ apar inversate la ieşirea porţii G2. După ce se renunţă la acţionarea contactului de pornire (presupunând ca motorul a pornit), poarta G1 primeşte de la contactul K nivel 1 logic, permiţând trecerea şi inversarea impulsurilor de la ieşirea Q a monostabilului M2. Se obţine astfel impuls pe nivel zero logic la ieşirea porţii G1. Acest semnal determină apariţia unui impuls pe nivel 1 logic la ieşirea porţii G2. Impulsul corespunde avansului la aprindere prescris. În acelaşi timp, poarta G2 permite şi propagarea impulsurilor de aprindere pe avans zero. În această situaţie se obţin perechi de impulsuri de aprindere, primul impuls pe avansul fixat, al doilea cu avans zero.

Impulsurile astfel obţinute sunt amplificate (în tensiune şi putere) pentru a putea fi folosite la comanda unei instalaţii de aprindere electronică de tip industrial. Amplificarea este asigurată de tranzistoarele T1 (BC 171), T2 (BD 135), T3 (2N 3055) în circuitul cu rezistenţele R4, R5, R6, R7.

Modul de funcţionare a circuitului de control al aprinderii rezultă şi din diagrama de semnale prezentată în fig. 5.14.

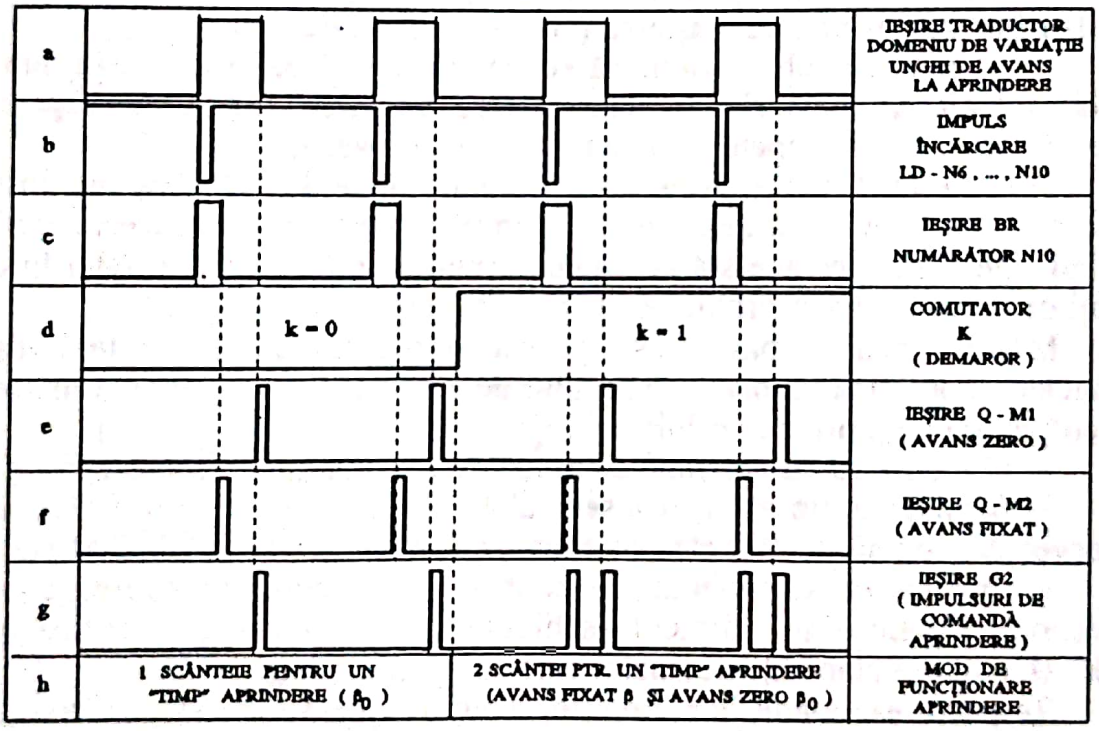


Figura 5.14

În această figură semnalele de pe liniile a, b, c se referă la circuitul de prescriere a avansului la aprindere, iar semnalele de pe liniile d, e, f, g, h se referă la circuitul de formare a semnalului de aprindere. Rezultă în mod explicit controlul asupra numărului de impulsuri pe o fază de aprindere (un impuls sau două impulsuri), funcţie de starea contactului K, antrenat sincron cu contactul demarorului.

Scanned with OKEN Scanner

5.4.7. Circuitul de control al sarcinii

Pentru a controla sarcina motorului trebuie acţionat obturatorul de aer (clapeta de acceleraţie). În această fază a cercetărilor s-a adoptat ca mărime a sarcinii motorului valoarea unghiului de deschidere a clapetei, ceea ce a impus controlul riguros al poziţiei. Pentru aceasta s-a folosit acţionarea axului clapetei de către un motor pas cu pas, prin intermediul unui reductor, astfel proiectat încât să permită o rezoluţie suficientă la un pas, precum şi un cuplu suficient pentru a menţine clapeta în poziţia fixată (fără a se pierde paşi sau a „da peste cap" motorul pas cu pas) [21].

Cerinţele ce au fost impuse circuitului de control al sarcinii se pot grupa, din punctul de vedere al circuitului de comandă al motorului pas cu pas şi al sistemului mecanic, după cum urmează:

– rezoluţie la fixarea unghiului - 0,1 grade - corespunzător unui pas;

– domeniu de variaţie limitat - 00,0 ,..., 84,0 grade (pentru motorul ARO);

– semnalizarea optică a atingerii valorilor limită;

– cuplu suficient pentru a nu se pierde paşi, astfel ca numărarea impulsurilor să permită cunoaşterea poziţiei unghiulare a clapetei;

– la punerea sub tensiune să se asigure resetarea automată a numărătorului folosit ca memorie de date (pentru valoarea unghiului clapetei) şi aducerea automată a clapetei în poziţia unghiulară zero;

– să permită aducerea rapidă în zero a clapetei la apăsarea unei taste de reset, permiţând evitarea avariilor în anumite situaţii, prin reducerea rapidă a sarcinii. De asemenea această facilitate permite şi refacerea referinţei în cazul anumitor defecţiuni sau probleme apărute în timpul testelor.

Motorul pas cu pas folosit pentru antrenarea clapetei este livrat de producător împreună cu placa circuitului de acţionare. Funcţionarea motorului pas cu pas impune utilizatorului:

– alimentarea cu tensiune continuă de la o sursă de 15V/2A;

– furnizarea din exterior a semnalului de tact (compatibil TTL), având o frecvenţă maximă de 400 Hz, cu evitarea domeniului în jur de 200 Hz;

– furnizarea semnalului de control al sensului de rotire, conform convenţiei: 1 logic – sens direct (deschidere clapetă), zero logic - rotire în sens invers (închidere clapetă). Semnalul este compatibil TTL.

Respectarea condiţiilor impuse, conform celor aratate, a condus la elaborarea unui circuit de control a cărui schemă este prezentată în fig. 5.15.

Întrucât poziţia unghiulară a motorului pas cu pas constituie şi informaţia necesară despre sarcina prescrisă, se contorizează paşii în circuitul de numărare reversibilă realizat cu numărătoarele N1, N2, N3 (tip 74192). Cum motorul se poate roti în ambele sensuri, numărătorul permite numărarea controlată atât în sens direct, cât şi în sens invers. Semnalele de prescriere ale numărătorului, ce devin şi tacte pentru motorul pas cu pas MPP, sunt furnizate, pentru ambele sensuri de numărare, de blocul de prescriere (de tipul celui prezentat în fig. 5.9).

Stările numărătoarelor N1, N2, N3, sunt decodificate şi afişate cu ajutorul decodificatoarelor D1, D2, D3 (tip 7447) şi afişoarelor A1, A2, A3.

Scanned with OKEN Scanner

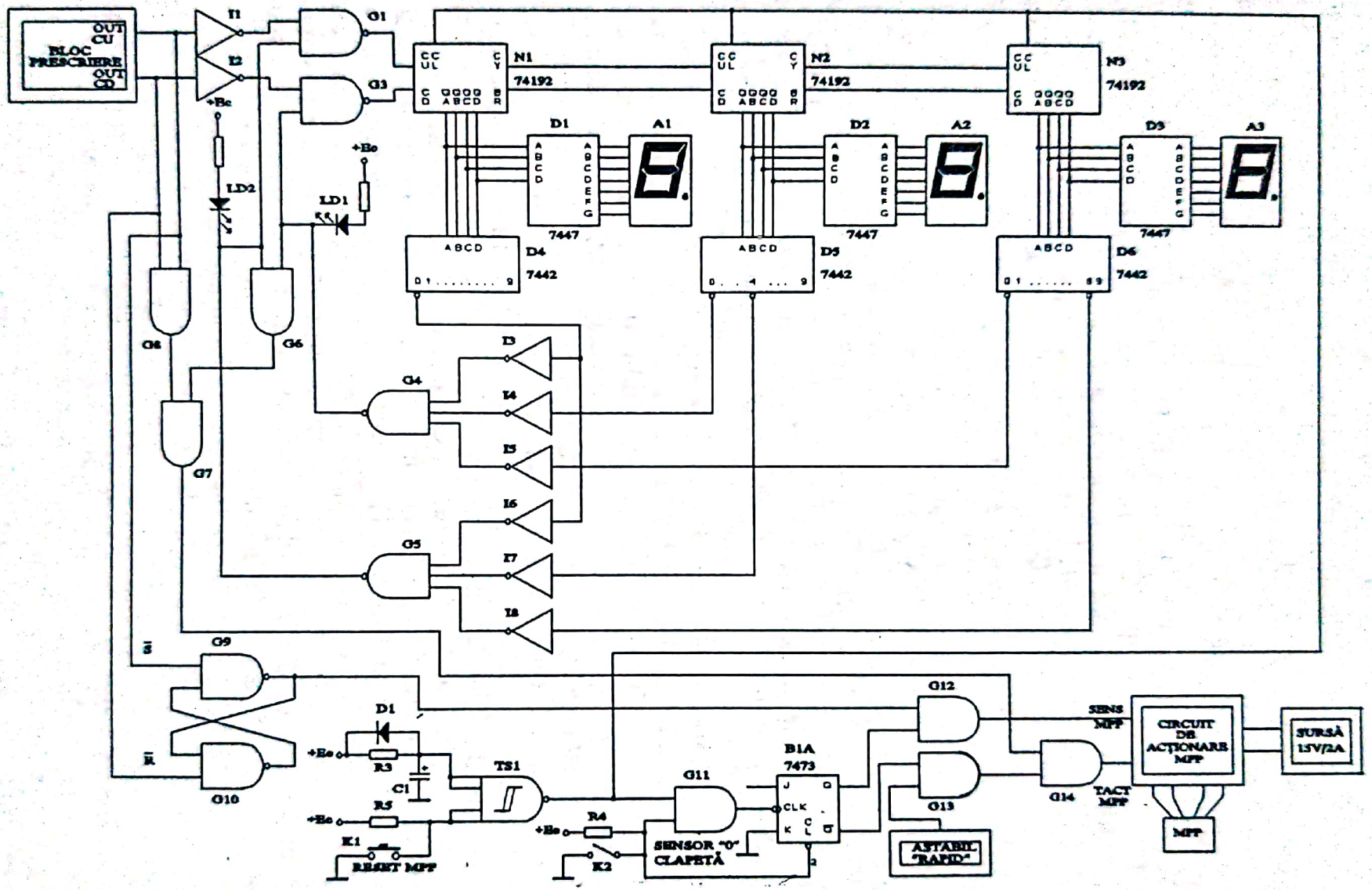


Figura 5.15

Scanned with OKEN Scanner

Afişajul este de tip cu punct zecimal fix (după al doilea digit), indicaţia reprezentând poziţia unghiulară a clapetei, cu o rezoluţie de 0,1°.

Pentru motorul ARO valoarea maximă a deschiderii clapetei (sarcină plină) este de 84,0°. Circuitul permite orice poziţie a clapetei între 0° şi 84°, cu blocarea tactului de comandă la atingerea valorilor extreme. În acest fel nu se va depăşi în sens crescător valoarea 84° şi în sens descrescător valoarea 0°, ceea ce previne funcţionarea în regim nesemnificativ a motorului sau suprasolicitarea MPP. Realizarea limitării este asigurată cu ajutorul decodificatoarelor D4, D5, D6 de tip BCD - zecimal (tip 7442), a inversoarelor I3, I4, I5, I6, I7, I8 (tip 7404) a porţilor G4, G5 (tip 7410) şi a porţilor G1, G3 (tip 7400). Ieşirile $\overline{0}$ ale decodificatoarelor D4, D5, D6 sunt inversate cu ajutorul inversoarelor I3, I4, I5 şi aplicate intrărilor porţii G4. Când circuitul de numărare este în starea 000, poarta G4 dă semnal zero logic la ieşire, în toate celelalte situaţii fiind în 1 logic. Pentru limitarea superioară la valoarea 84,0° se preia ieşirea $\overline{8}$ de la decodificatorul D6, ieşirea $\overline{4}$ de la D5 şi $\overline{0}$ de la D4, inversând semnalele corespunzătoare cu ajutorul inversoarelor I8, I7, I6. De la inversoare semnalele se aplică porţii G5. Ieşirea porţii este la nivel zero logic numai când conţinutul numărătorului este 840. În toate celelalte situaţii ieşirea este la nivel 1 logic. Evident, se poate realiza decodificarea şi a altor valori, conectând în mod corespunzător ieşirile decodificatoarelor D4, D5, D6.

Semnalele de tact se aplică la intrările de numărare directă CU, respectiv inversă CD a numărătorului N1 prin circuitul realizat cu inversoarele I1, I2 (tip 7404) şi a porţilor G1, G2 (tip 7400). Utilizarea a două nivele de inversare permite refacerea fazei semnalelor de prescriere la intrările de numărare.

Ignorând pentru început formarea semnalelor de control pentru motorul pas cu pas, urmărim funcţionarea circuitului de numărare. Presupunem că numărătorul este într-o stare corespunzătoare unui număr mai mic decât 840 şi se apasă o tastă pentru comanda numărării în sens direct. Ieşirea porţii G3 este la nivel 1 logic, întrucât semnalul de la ieşirea OUT CD a blocului de prescriere este la nivel 1 logic, ceea ce determină apariţia nivelului zero logic la ieşirea inversorului I2. Numărătoarele nefiind în starea 840, ieşirea porţii G5 este la nivel 1 logic, validându-se trecerea tactului prin poarta G1. În momentul în care circuitul de numărare N3, N2, N1 atinge starea 840 (după un front crescător la intrarea CU a numărătorului N1), ieşirea porţii G5 trece la nivel zero logic, ceea ce va menţine ieşirea porţii G1 la nivel 1 logic şi va inhiba tactul de numărare directă. Numărarea directă este suprimată şi situaţia este semnalată prin aprinderea diodei electroluminiscente LD2. Ieşirea din această stare se poate face prin activarea numărării inverse, prin acţionarea unei taste corespunzătoare din blocul de prescriere. Presupunem că se realizează o astfel de comandă. Întrucât starea circuitului de numărare nu este 000, ieşirea porţii G4 este la nivel 1 logic, ceea ce permite propagarea tactului pentru numărare inversă prin poarta G3 către intrarea CD a numărătorului N1. Cum intrarea CU a numărătorului N1 este la nivel 1 logic, la fiecare front crescător al tactului pe intrarea CD, conţinutul circuitului de numărare este decrementat cu o unitate. Ţinând tasta apăsată mai mult timp, la un moment dat, circuitul de numărare atinge, după o tranziţie din zero în 1 logic la intrarea CD de la N1, valoarea

Scanned with OKEN Scanner

000. În acest moment ieşirea porţii G4 trece în zero logic, ceea ce menţine ieşirea porţii G3 la nivel 1 logic şi inhibă propagarea tactului de numărare inversă. Numărarea este blocată. Situaţia este semnalizată prin aprinderea diodei electroluminiscente LD1. Oricât ar fi menţinută apăsată tasta pentru numărare în sens invers, valoarea nu se mai modifică. Din starea 000 se poate ieşi numai prin acţionarea unei taste pentru numărare în sens direct.

Formarea tactului pentru motorul pas cu pas, pornind de la semnalul dat de blocul de prescriere, este realizată cu porţile G6, G7, G8, G14 (CDB408). Poarta G7 realizează mixarea impulsurilor de la ieşirile OUT CD şi OUT CU de la blocul de prescriere, astfel că la ieşirea acestei porţi apar impulsuri, oricare tastă din blocul de prescriere ar fi apăsată. Semnalul mixat poate trece prin poarta G8, validarea fiind asigurată de poarta G6. Poarta G6 are ieşirea în zero logic (inhibând tactul) numai dacă numărătoarele N3, N2, N1 sunt în stările 000 sau 840. Prin urmare, la atingerea acestor valori extreme, tactul nu se mai poate propaga către MPP, rotirea acestuia încetând. Pentru orice altă situaţie, ieşirea porţii G6 este în 1 logic şi tactul de comandă a MPP se poate propaga prin poarta G8. Astfel condiţionat, tactul este aplicat porţii G14, care pe cealaltă intrare primeşte în regim de funcţionare normală 1 logic, deci tactul se poate propaga la intrarea TACT MPP din circuitul de acţionare MPP.

Formarea semnalului de control al sensului de rotire al MPP este asigurată de porţile G9, G10 (tip 7400) şi poarta G12 (tip 7408). Se cunoaşte că un nivel 1 logic la intrarea SENS MPP din circuitul de acţionare MPP va determina rotirea în sens direct, în timp ce nivelul zero logic va determina rotirea în sens invers. Evident rotirea în sens direct a motorului trebuie să fie însoţită de numărarea în sens direct în circuitul numărător N1, N2, N3, în timp ce rotirea în sens invers să fie însoţită de numărarea în sens invers. De asemenea, trebuie ţinută seama că rotirea MPP se efectuează sub acţiunea impulsurilor pe nivel 1 logic, iar pentru a nu se pierde paşi la schimbarea sensului de numărare, semnalul SENS MPP trebuie modificat înaintea apariţiei impulsurilor TACT MPP. Porţile G9 şi G10 formează un bistabil RS. Ieşirea de semnal se ia de la poarta G9. În acest fel semnalul de numărare directă (de la ieşirea OUT CU a blocului de prescriere) devine semnal de setare S, în timp ce semnalul de numărare inversă (de la ieşirea OUT CD a blocului de prescriere) devine semnal de resetare R. Semnalul de la ieşirea bistabilului RS se aplică porţii G12 (tip 7408), care pe cealaltă intrare primeşte în mod normal semnal 1 logic. Dacă se activează numărarea directă, când apare primul impuls la ieşirea OUT CU, aceasta începe cu tranziţia în zero logic, ceea ce setează bistabilul RS, ieşirea porţii G9 este în 1 logic, semnal ce se propagă prin poarta G12. La intrarea SENS MPP a circuitului de acţionare MPP se găseşte nivel 1 logic, corespunzător rotirii directe. După depăşirea intervalului cât tactul se află în zero logic, apare front crescător la intrarea de numărare CU a numărătorului N1 şi impuls de acţionare a MPP. Prin urmare întâi a apărut semnalul pentru SENS MPP, apoi TACT MPP. Dacă se doreşte rotirea în sens invers, se apasă o tastă din blocul de prescriere corespunzătoare numărării inverse. La început apare nivelul zero logic la ieşirea OUT CD a blocului de prescriere, ceea ce resetează bistabilul RS, la ieşirea porţii G9 apărând semnal zero logic. Acest

Scanned with OKEN Scanner

semnal se propagă prin poarta G12, astfel că la intrarea SENS MPP apare nivel zero logic, corespunzător rotirii în sens invers a MPP. După trecerea intervalului în care tactul este în zero logic, apare front crescător ce determină numărarea inversă în circuitul N1, N2, N3 şi marchează apariţia unui tact de acţionare a MPP. Se observă şi în acest caz că întâi s-a modificat semnalul de control al sensului MPP, după care apar impulsurile de acţionare propriuzise. Acum rezultă mai clar şi rolul funcţional al inversoarelor I1, I2.

Funcţiile de aducere pe zero a clapetei reset iniţial şi comandat sunt realizate cu ajutorul circuitului format din triggerul Schmitt TS1 (tip 7413), rezistenţa R3, condensatorul C1, dioda D1, poarta G11 (tip 7408), bistabilul B1 (tip 7473), a tastei K1 şi a microîntrerupătorului K2. Se utilizează de asemenea un astabil cu tact de frecvenţă ridicată ASTBIL „RAPID". Tasta K1, montată pe panoul frontal al dulapului circuitului de comandă, permite aducerea rapidă în zero a clapetei şi resetarea numărătorului, realizând funcţia RESET MPP. Contactul K2 a microlimitatorului este acţionat de axul clapetei, închizându-se când poziţia unghiulară a acesteia atinge 0°.

Funcţionarea circuitului de control al sarcinii rezultă şi în legătură cu diagrama de semnale din fig. 5.16.

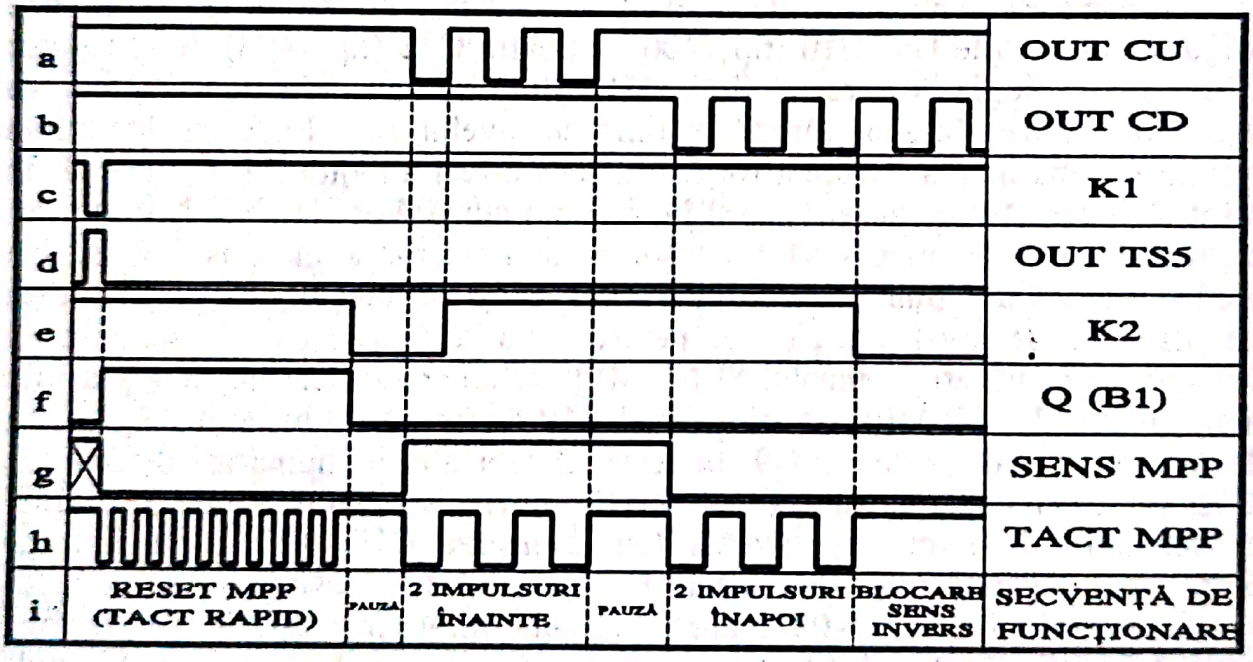


Figura 5.16

În fig. 5.16 se prezintă modurile în care se îndeplinesc principalele funcţii ale circuitului: reset MPP, deplasare în sens direct, deplasare în sens invers, blocarea la închiderea clapetei.

Pentru descrierea funcţionării vom urmări toate funcţiile realizate. Astfel presupunem că la punerea sub tensiune a montajului clapeta este deschisă (cu un unghi oarecare diferit de 0°). În acest fel, contactul K2 este deschis şi pe intrarea de reset R a bistabilului B1 se aplică nivel 1 logic, funcţia de reset fiind dezactivată. Condensatorul C1 este descărcat, ceea ce asigură nivel zero logic

Scanned with OKEN Scanner

pe intrarea corespunzătoare a triggerului Schmitt TS1. La ieşirea acestuia apare nivel 1 logic. Condensatorul C1 se încarcă prin rezistenţa R3. Când nivelul tensiunii pe C1 depăşeşte pragul Schmitt, ieşirea de la TS1 basculează în zero logic. Acest front căzător acţionează bistabilul B1, astfel că ieşirea Q capătă valoarea 1 logic, iar ieşirea inversată $\overline{Q}$, valoarea zero logic. Acest ultim semnal aplicat porţii G12 determină apariţia nivelului zero logic la intrarea SENS MPP, selectându-se rotirea în sens invers a MPP. Nivelul 1 logic de la ieşirea Q a bistabilului B1 validează poarta G13, astfel că tactul de la ASTABILUL „RAPID" trece prin porţile G13 şi G14, aplicându-se la intrarea TACT MPP. Motorul pas cu pas se roteşte rapid în sens invers. În momentul în care clapeta este complet închisă, se închide contactul K2 al microîntrerupătorului şi apare nivel zero logic pe intrarea (prioritară) de reset R a bistabilului B1. Imediat ieşirea Q trece în zero logic blocând poarta G13, care trece cu ieşirea pe nivel 1 logic ce validează poarta G14 pentru propagarea tactului de control contorizat. Ieşirea inversată $\overline{Q}$ a bistabilului B1 trece la nivel 1 logic, permiţând controlul sensului de rotire de către semnalele de comandă contorizate, prin intermediul porţii G12. În acelaşi timp, impulsul scurt pe nivel 1 logic de la ieşirea triggerului Schmitt TS1 se aplică liniei de ştergere CL a numărătoarelor N1, N2, N3, determinând prestabilirea valorii 000 în acestea. Prin urmare, după punerea sub tensiune, clapeta este în mod automat închisă, iar circuitul de numărare capată valoarea iniţială 000. În acest fel se realizează iniţializarea automată a circuitului de control al sarcinii motorului.

În timpul funcţionării motorului pot apărea situaţii ce impun închiderea rapidă a clapetei (supraturaţii, avarii la motor, pierderea de paşi din cauza unor rateuri în admisie etc.). În aceste situaţii operatorul apasă tasta K1 RESET MPP. Evident, presupunem clapeta deschisă. Apăsând tasta K1, ieşirea din TS1 trece la nivel 1 logic, ceea ce determină ştergerea numărătorelor N1, N2, N3 prin intermediul liniei de ştergere CL. Contactul K2 este deschis şi funcţia de reset a bistabilului B1 dezactivată. Când se eliberează tasta K1, la ieşirea triggerului Schmitt apare nivel zero logic şi se declanşează bistabilul B1. Din acest moment funcţionarea este identică cu cea descrisă la resetul automat la punerea sub tensiune. În final clapeta este închisă şi numărătorul conţine valoarea 000. Din acest moment se poate relua funcţionarea normală a circuitului de control al sarcinii.

5.5. TRADUCTORUL COMPLEX DE FAZE DE LUCRU, DE PUNCT MORT INTERIOR, DE TURAŢIE ŞI DE DOMENIU DE VARIAŢIE A UNGHIULUI DE AVANS LA APRINDERE

Traductorul complex este necesar atât în cadrul probelor de stand, cât şi în varianta de control pe automobil. Pe baza informaţiilor preluate de la traductor se realizează următoarele funcţiuni:

– determinarea turaţiei;

Scanned with OKEN Scanner

– sesizarea unghiului maxim de avans la aprindere şi a domeniului de variaţie a unghiului de avans la aprindere;
– sesizarea punctului mort interior (avans zero);
– determinarea fazelor de lucru (decodificarea cilindrului aflat în faza de admisie).

Aceste informaţii sunt strict necesare pentru a permite sincronizarea între semnalele electronice de control şi funcţionarea motorului [22].

5.5.1. Modul de codificare a informaţiei în traductorul complex

Traductorul utilizează un bloc de citire optoelectronică operând asupra a 3 biţi. Codificarea informaţiei se realizează cu ajutorul unui cilindru cu fante pe trei nivele. Desfăşurarea în plan (sub forma de disc) a cilindrului codificat este prezentată în fig. 5.17.

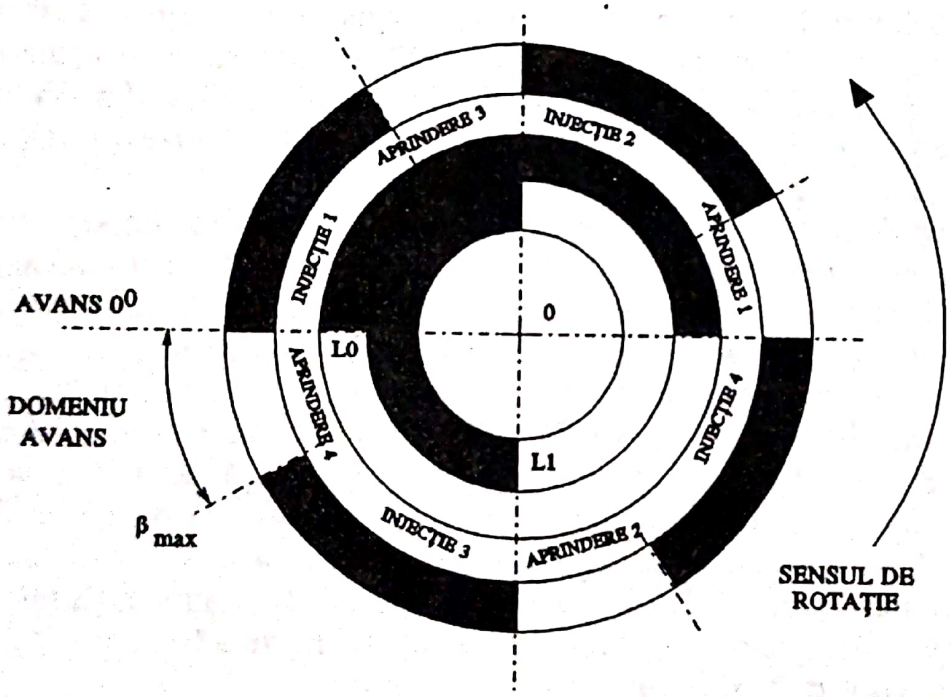


Figura 5.17

Cilindrul codificat este antrenat în mişcare de rotaţie de către axul distribuitorului. În schema prezentată, o zonă înegrită reprezintă un perete al cilindrului, iar o zonă albă materializează o fantă. Cei trei biţi de informaţie sunt notaţi cu L0, L1 şi B. Biţii L0 şi L1 codifică informaţiile asupra fazelor de lucru, permiţând selecţia injecţiei pentru cilindrul aflat în faza de admisie. Din punctul de vedere al biţilor L0, L1 cilindrul este codificat în cod Gray pentru a înlătura apariţia semnalelor tranzitorii false la decodificarea stărilor (imposibil de evitat, având în vedere imposibilitatea alinierii perfecte a axelor optice de la canalele de citire optoelectronice şi toleranţele de realizare mecanică a fantelor).

Scanned with OKEN Scanner

Bitul β asigură, printr-o utilizare judicioasă, obţinerea celorlalte informaţii. Fantele realizate pe cilindrul codificat corespunzătoare acestui bit sunt limitate de unghiurile (exprimate în grade distribuitor, de valoare egală cu jumătatea numărului de grade de rotaţie arbore cotit, având în vedere demultiplicarea prin 2 la antrenarea axului distribuitorului) de avans maxim, respectiv zero, marcând astfel domeniul de variaţie a unghiului de avans la aprindere.

Pentru a înţelege modul în care se obţin informaţiile se prezintă o diagramă de semnale rezultate din folosirea traductorului complex. Această diagramă de semnale este cea din fig. 5.18.

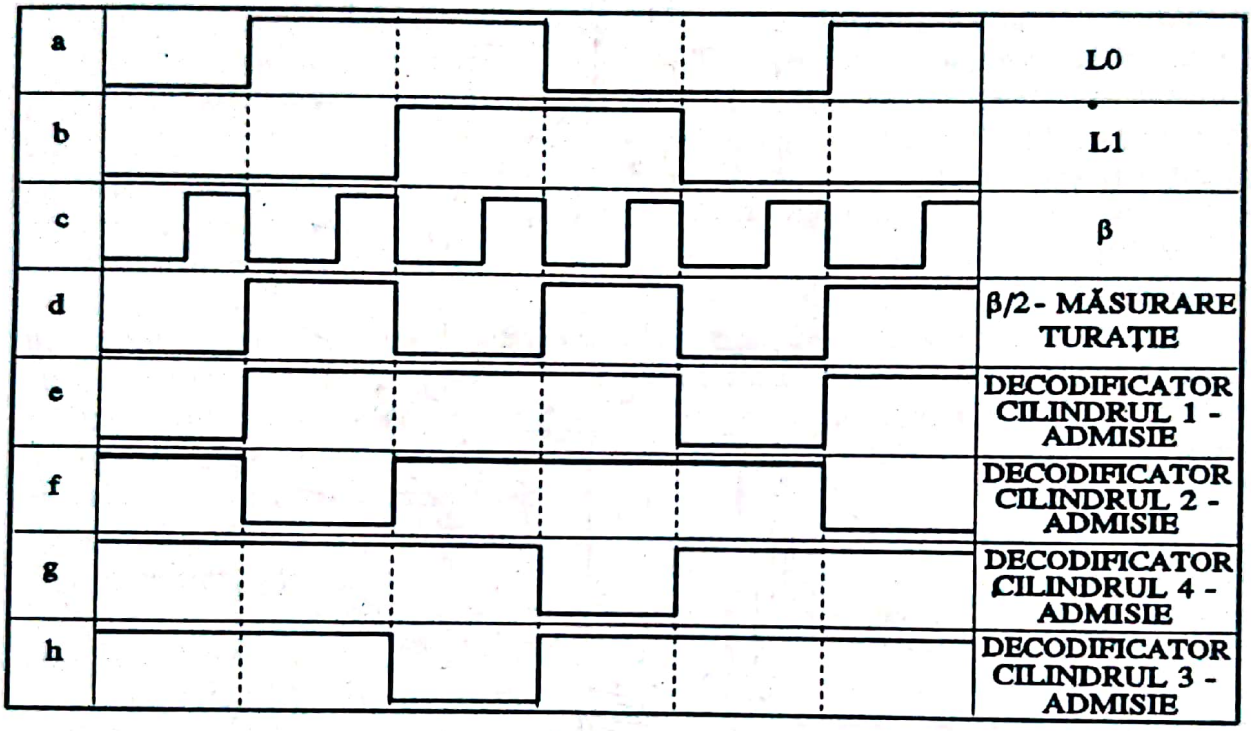


Figura 5.18

Conform diagramei de semnal din fig. 5.18 *c*, se poate observa că unghiul la avans maxim se poate determina pe frontul crescător al semnalului β de la traductorul complex.

În acelaşi timp, frontul căzător al aceluiaşi semnal evidenţiază trecerea motorului prin punctul mort interior (avans zero).

Modul de obţinere a semnalului folosit la determinarea turaţiei rezultă din fig. 5.18 *d*. Acest semnal provine din divizarea, cu ajutorul unui bistabil, a semnalului β. Având în vedere simetria de realizare a traductorului se obţin impulsuri cu factor de umplere 0,5. Durata unui impuls este T/2 (jumătate din perioada de rotaţie a motorului). Mărimea turaţiei motorului se determină de fapt prin măsurarea duratei T/2, informaţia fiind perfect echivalentă.

În fig. 5.18 *a, b*, se prezintă semnalele corespunzătoare biţilor L0, L1. Stările se decodifică cu ajutorul unui decodificator BCD - zecimal (CDB 442), astfel încât semnalele de identificare a cilindrilor aflaţi în faza admisie se

Scanned with OKEN Scanner

prezintă ca în liniile *e*, *f*, *g*, *h*. Semnalele sunt în concordanţă cu succesiunea mecanică a cilindrilor la admisie (conform acţionării supapelor de admisie prin intermediul axei cu came).

5.5.2. Construcţia mecanică a traductorului complex

Modul de realizare mecanică a traductorului complex este prezentat în fig. 5.19.

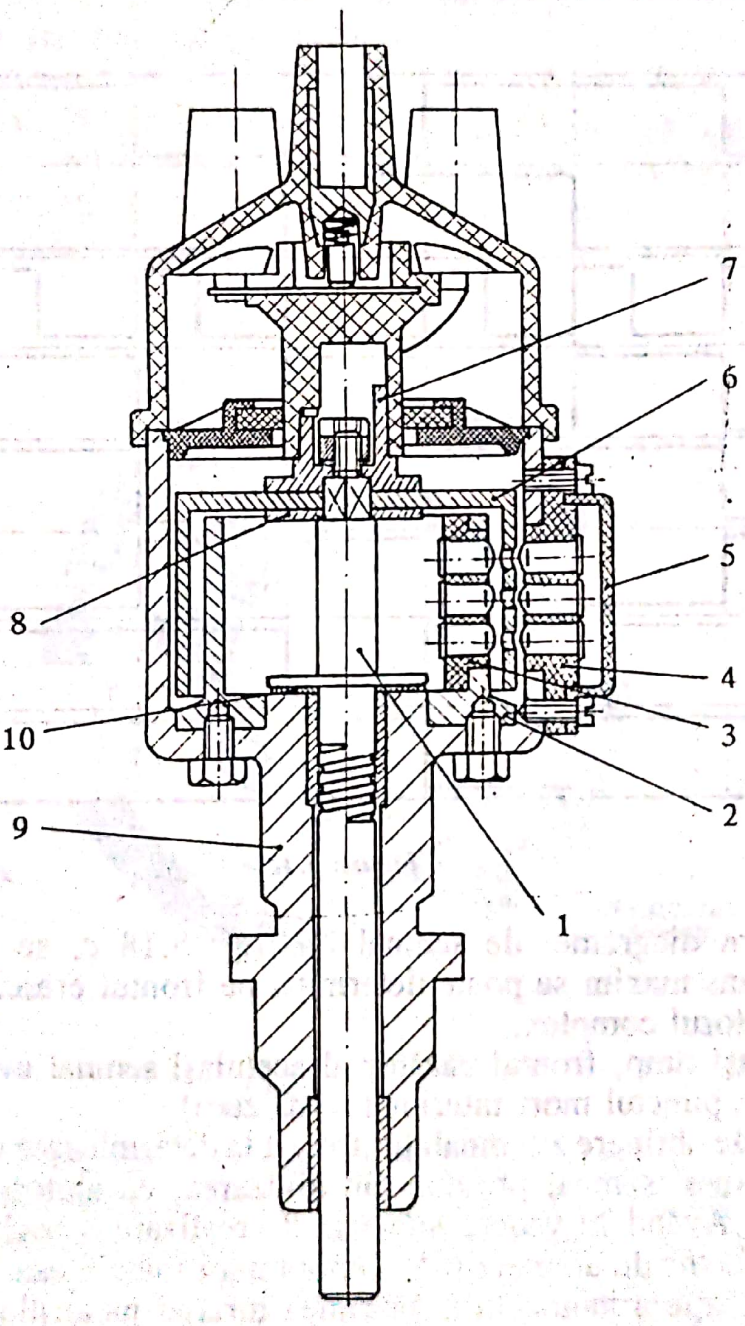


Figura 5.19

1 – ax (ruptor-distribuitor); *2* – suport diode electroluminiscente; *3* – piesă de fixare diode electroluminiscente; *4* – piesă de fixare fotodiode; *5* – ecran electromagnetic; *6* – cilindru codificat; *7* – piesă de antrenare rotor distribuitor de înaltă tensiune; *8* – şaibă plată; *9* - corp; *10* – bucşă.

Scanned with OKEN Scanner

La realizarea traductorului complex pe principiile prezentate, s-au avut în vedere următoarele aspecte:

– să nu necesite transformări constructive ale motorului;
– să permită reutilizarea corpului de la ruptor-distribuitorul standard al motorului echipat cu carburator;
– să asigure punerea la punct simplă;
– să aibă o fiabilitate ridicată;
– să asigure o bună imunitate la perturbaţiile electromagnetice.

Conform acestei construcţii, corpul *9* este preluat din producţia de serie, la fel ca şi bucşa *10*. Axul *1* este foarte apropiat constructiv de axul ruptor-distribuitorului de la motorul cu carburator, lipsind în partea superioară cama de antrenare a ruptorului. Axul este prevăzut în capătul superior cu o secţiune pătrată şi o zonă filetată. Secţiunea pătrată permite antrenarea cilindrului codificat *6*. Pentru asigurarea unei asamblări robuste se folosesc şaiba plată *8* şi piesa de antrenare rotor distribuitor de înaltă tensiune, *7*. Acestea prind între ele cilindrul codificat *6*. Strângerea este asigurată cu o piuliţă înfiletată pe zona cu filet a axului *1* şi protejată cu o şaibă Grower. Şaiba plată *8* are şi rolul de a permite corecta poziţionare a cilindrului codificat *6* în raport cu axele optice ale dispozitivelor optoelectronice din blocurile de citire. Diodele electroluminiscente şi fotodiodele sunt montate fix în cadrul traductorului. Astfel este prevăzut un suport diode electroluminiscente *2*, realizat din aluminiu şi fixat rigid de corpul *1* prin intermediul unor şuruburi. Suportul este prevăzut cu o fereastră în interiorul căreia se introduce piesa de fixare a diodelor electroluminiscente *3*. În orificiile acestei piese se introduc presat diodele electroluminiscente. Fotodiodele se introduc de asemenea presat în orificiile prevăzute în piesa de fixare a fotodiodelor *4*. Această piesă este introdusă într-o fereastră din corpul *1* şi asamblată împreună cu ecranul electromagnetic *5* cu ajutorul unor şuruburi înfiletate în corpul *1*. Pentru a se evita reflexiile pe pereţii fantelor, cilindrul codificat *6* este realizat din aluminiu eloxat negru.

Informaţiile de la traductor sunt preluate prin intermediul unor blocuri electronice de citire având schema electrică prezentată în fig. 5.20. S-a folosit fotodiodă şi nu fototranzistor din considerente de stabilitate [65]. Amplificarea semnalului detectat de fotodiodă este asigurată de etajele de amplificare realizate cu tranzistoarele T1, T2 şi rezistenţele R2, R3, R4. Nu s-a folosit conexiunea Darlington pentru a nu se compromite nivelul zero logic (traductorul este cuplat la o logică TTL). În ceea ce priveşte dioda electroluminiscentă LD, aceasta trebuie să fie încapsulată în răşină de o transparenţă cât mai bună (capsulă „clară"), pentru a asigura o intensitate luminoasă cât mai mare în circuitul de citire.

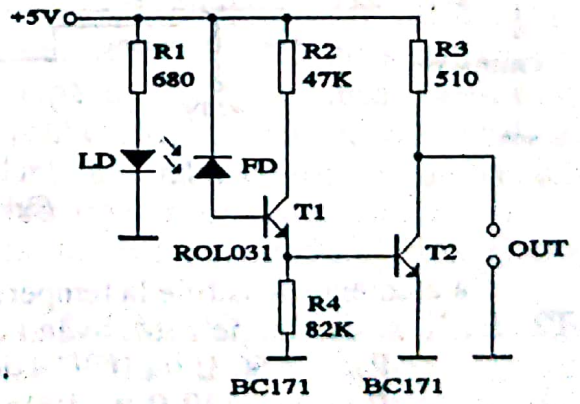


Figura 5.20

Scanned with OKEN Scanner

Circuitele electronice, realizate pe cablaj imprimat, sunt protejate cu ecran electromagnetic. Traductorul se conectează la sistem prin cablu multifilar ecranat.

Punerea la punct a traductorului este foarte simplă: se aduce motorul (prin rotire lentă cu manivela) în punctul mort interior al cilindrului *1* (folosind reperele de pe volantă şi de pe carcasa ambreiajului), după care se roteşte corpul traductorului până când, cu ajutorul unui aparat de măsură, se observă o tranziţie din unu în zero logic pe canalul corespunzător traductorului de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere. Se verifică dacă semnalele L0, L1 codifică cilindrul *1* şi după aceasta se blochează corpul traductorului complex, folosind piesa de strângere de la delcoul clasic şi un şurub în blocul motor.

5.6. CIRCUITUL DE MĂSURARE A TEMPERATURILOR

Pentru o bună supraveghere a funcţionării motorului şi posibilitatea extragerii unor concluzii corecte, a apărut necesitatea măsurării cu o bună precizie a unor temperaturi: aer în admisie; lichid de răcire; benzină.

S-a utilizat schema de măsurare digitală din fig. 5.21.

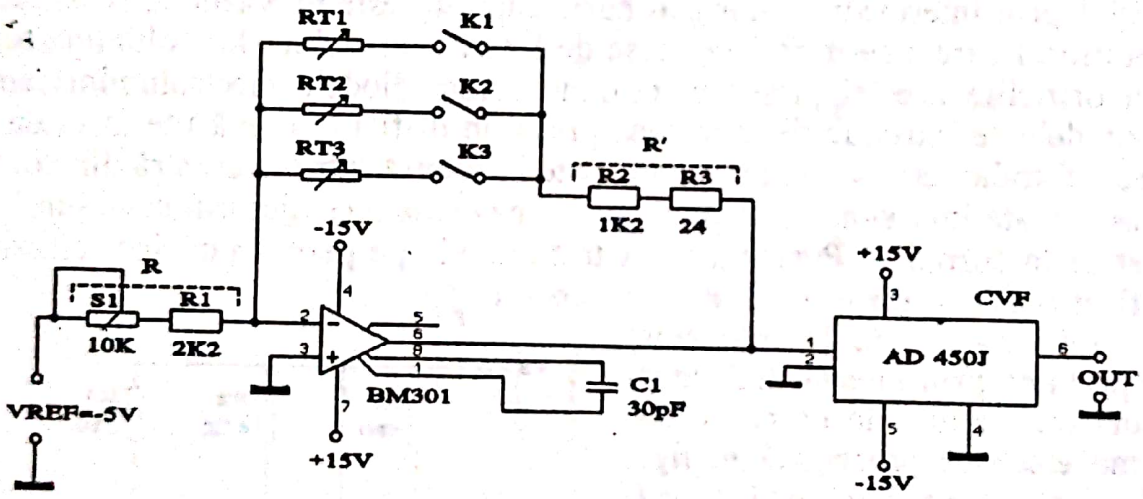


Figura 5.21

Ca elemente sensibile la temperatură se utilizează termorezistenţele RT1, RT2, RT3, cu destinaţie auto, având o bună liniaritate şi parametrii:

$R_0 = 660\ \Omega$ (la 0° Celsius);

$R_{100} = 1330\ \Omega$ (la 100° Celsius).

Termorezistenţele se plasează în mediul studiat şi se fixează prin înfiletare. Selectarea unei anumite termorezistenţe se face cu ajutorul unuia din comutatoarele K1, K2, K3. Circuitul este realizat în ideea afişării valorilor absolute ale temperaturilor. Termorezistenţele se plasează în circuitul de reacţie negativă al amplificatorului operaţional A1 (βM 301), în configuraţie inversoare. Circuitul conţine şi rezistenţele R2, R3, obţinându-se valoarea totală

Scanned with OKEN Scanner

R' a rezistenţei de reacţie. În circuitul de intrare se plasează rezistenţa R1 în serie cu semireglabilul S1 (valoarea totală fiind notată cu R). La intrare se aplică o tensiune de referinţă $V_{REF} = -5$ V. Tensiunea de ieşire din operaţional va depinde de temperatură. Ieşirea operaţionalului se conectează la intrarea unui convertor tensiune-frecvenţă CVF (AD 450J), având panta de 1000 Hz/V.

Relaţia de funcţionare a circuitului este:

$$f = T[K] \cdot 10 \ [Hz], \text{ de unde:}$$
$$T[K] = f[Hz] \div 10.$$

Relaţiile de dimensionare (pentru scara Kelvin) sunt:

$$[(R_0 + R') \div R] \cdot V_{REF} = 2{,}73;$$
$$[(R_{100} + R') \div R] \cdot V_{REF} = 3{,}73.$$

În aceste relaţii s-a luat în considerare valoarea absolută a tensiunii de referinţă V_{REF}.

În gama de temperaturi 17° ... 97° (Celsius) respectiv 290 ... 370 (Kelvin), eroarea nu a depăşit un grad, ceea ce asigură o precizie suficientă pentru scopul propus.

Pentru afişarea numerică a rezultatelor se foloseşte un frecvenţmetru digital din producţia industrială curentă.

5.7. CIRCUITUL DE MĂSURARE A PARAMETRULUI LAMBDA

După cum se ştie, parametrul lambda măsoară coeficientul excesului de aer (faţă de amestecul stoichiometric). Traductorul se plasează în circuitul de evacuare, deoarece la o temperatură a gazelor de peste 350°C se asigură condiţiile de bună funcţionare. În aceste condiţii traductorul furnizează o tensiune dependentă de coeficientul excesului de aer. Pentru amestecuri sărace ($\lambda > 1$) tensiunea are valori reduse, după care, în regiunea amestecului stoichiometric ($\lambda = 1$), variază rapid în sensul creşterii, căpătând valori ridicate pentru amestecuri bogate ($\lambda < 1$). Impedanţa internă a sensorului lambda este foarte mare, lucru ce trebuie luat în considerare la proiectarea circuitului.

Schema electrică a circuitului de măsurare a parametrului lambda [13] este prezentată în fig. 5.22.

Semnalul este preluat de la SENSORUL LAMBDA de etajul neinversor realizat cu amplificatorul operaţional A1 (βM 301), alimentat simetric cu $\pm$ 5V. Cu ajutorul rezistenţei R1 se poate adapta circuitul la schimbarea sensorului. Câştigul etajului este fixat cu rezistenţele R2, R3. Condensatorul C1 permite rejectarea frecvenţelor înalte (perturbatoare). Etajul are posibilitatea compensării offsetului cu grupul P, R4. De la ieşirea operaţionalului semnalul este preluat prin rezistenţa R6 şi dioda D1 (1N 4148) (ce protejează restul circuitului împotriva unor eventuale tensiuni inverse). Informaţia astfel prelucrată este afişată analogic pe un voltmetru *V*, permiţând urmărirea de fineţe a

Scanned with OKEN Scanner

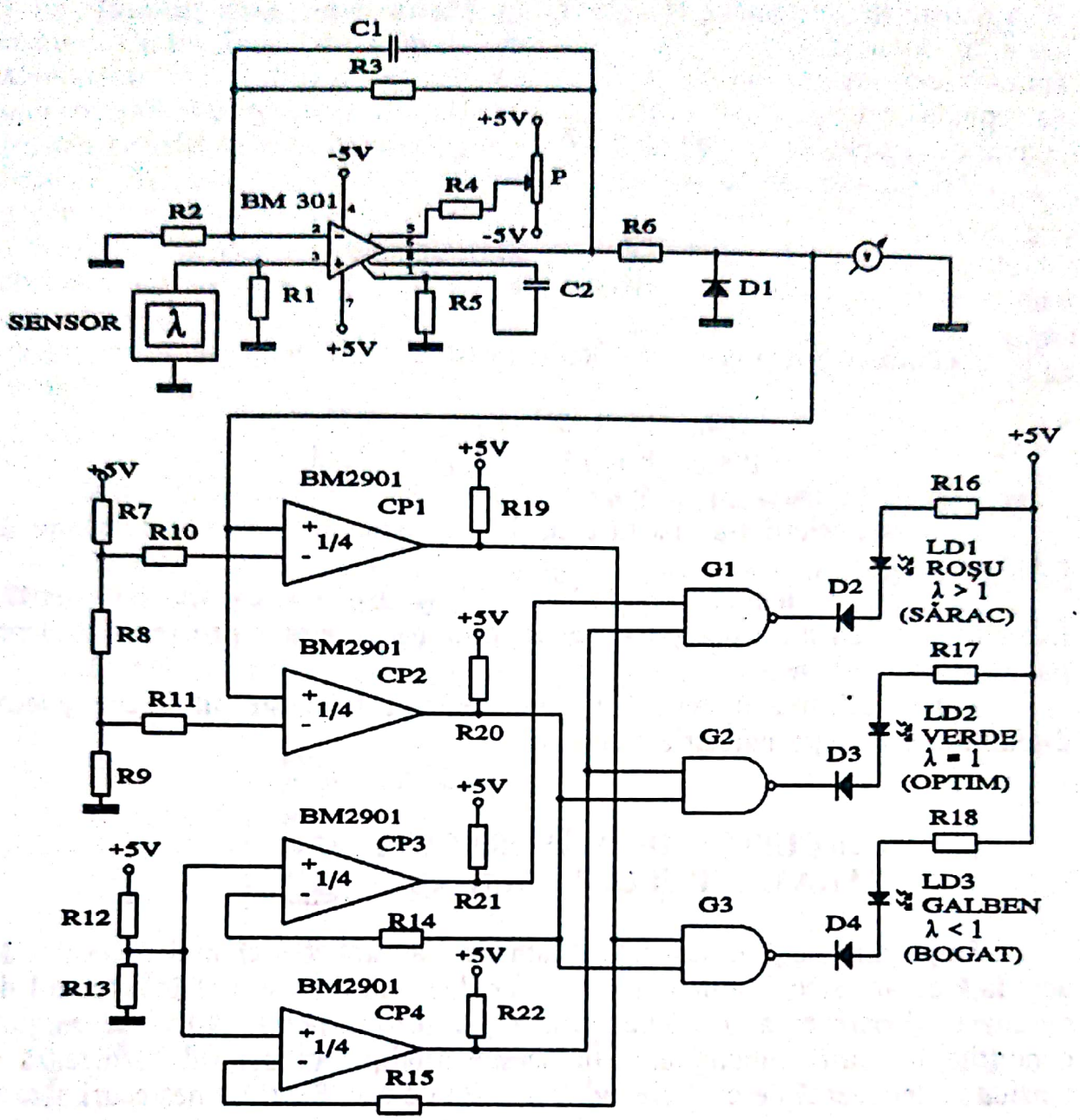


Figura 5.22

modificărilor amestecului. Având în vedere caracteristica pregnant neliniară a traductorului, se justifică o semnalizare optică adecvată a situaţiei amestecului. Pentru aceasta se folosesc trei diode electroluminiscente, repartizate astfel:

LD1 – (roşu) – amestec sărac, $\lambda > 1$;
LD2 – (verde) – amestec optim, $\lambda = 1$;
LD3 – (galben) – amestec bogat, $\lambda < 1$.

Informaţia fiind afişată pe trei stări, sunt necesari doi biţi pentru codificare. Aceşti biţi se obţin cu ajutorul a două comparatoare CP1, CP2 (βM 2901). Pe intrările neinversoare ale comparatoarelor se aplică semnalul de la ieşirea amplificatorului operaţional A1, iar pe intrările inversoare se aplică tensiuni de referinţă adecvate preluate prin intermediul rezistenţelor R10, R11

Scanned with OKEN Scanner

din reţeaua rezistivă (divizoare) R7, R8, R9. Conform acestei scheme, stările amestecului rezultă după cum se prezintă în tabelul 5.2:

TABELUL 5.2

IEŞIRI		STARE AMESTEC
CP1	CP2	
0	0	sărac
1	0	optim
1	1	bogat

Aceste situaţii se decodifică cu ajutorul porţilor G1, G2, G3 (CDB 400). Ieşirile acestor porţi devin zero logic la detectarea stării specifice, ceea ce permite trecerea curentului prin diodele electroluminiscente. Pentru limitarea curentului prin LED-uri (sub valoarea de 16 mA permisă de ieşirea porţilor în starea zero logic) sunt prevăzute rezistenţele R16, R17, R18. Cu ajutorul diodelor D2, D3, D4 (1N 4148) se evită aprinderea diodelor electroluminiscente (cu o slabă strălucire) când ieşirile porţilor sunt la nivel 1 logic.

Pentru a asigura sinteza circuitului de semnalizare apare şi necesitatea utilizării celor doi biţi inversaţi. Operaţia este realizată cu două comparatoare CP3, CP4 (βM 2901) ce primesc biţii neinversaţi pe intrările inversoare prin intermediul rezistenţelor R14, R15. Pe intrările neinversoare se aplică o tensiune de referinţă (egală cu jumătate din tensiunea de alimentare de +5V) realizată cu ajutorul divizorului R12, R13.

Pe ieşirile celor patru comparatoare sunt conectate, conform prescripţiilor de catalog, rezistenţele R19, R20, R21, R22.

Schema propusă a permis realizarea unui circuit de măsurare uşor de utilizat şi cu o sugestivă redare a informaţiei.

5.8. STAND DE ÎNCERCĂRI PENTRU MOTOARE CU INJECŢIE CONTROLAT CU MICROCALCULATOR

Deşi încercările prezentate anterior au constituit un real succes, tratarea cu o fineţe mai mare a problemelor legate de controlul electronic al injecţiei şi aprinderii ar fi foarte dificilă utilizând controlul cu logică cablată. Se impunea un sistem cu o flexibilitate mult mai mare, cu ajutorul căruia să se poată verifica uşor o serie de ipoteze, fără a necesita modificări substanţiale în structura sa. Prin urmare, soluţia utilizării microcalculatorului s-a impus ca singura posibilă pentru îndeplinirea acestor cerinţe. Verificarea unor ipoteze privind funcţionarea motorului se va face în principal prin elaborarea unor programe adecvate. Evident, obţinerea acestor facilităţi presupune elaborarea unei structuri hardware cu resurse suficiente pentru ca verificările unor ipoteze să se efectueze prin mijloace software.

Scanned with OKEN Scanner

5.8.1. Schema-bloc a standului controlat cu microcalculator

Schema-bloc a standului de încercări pentru motoare cu injecţie controlat cu microcalculator este prezentată în fig. 5.23.

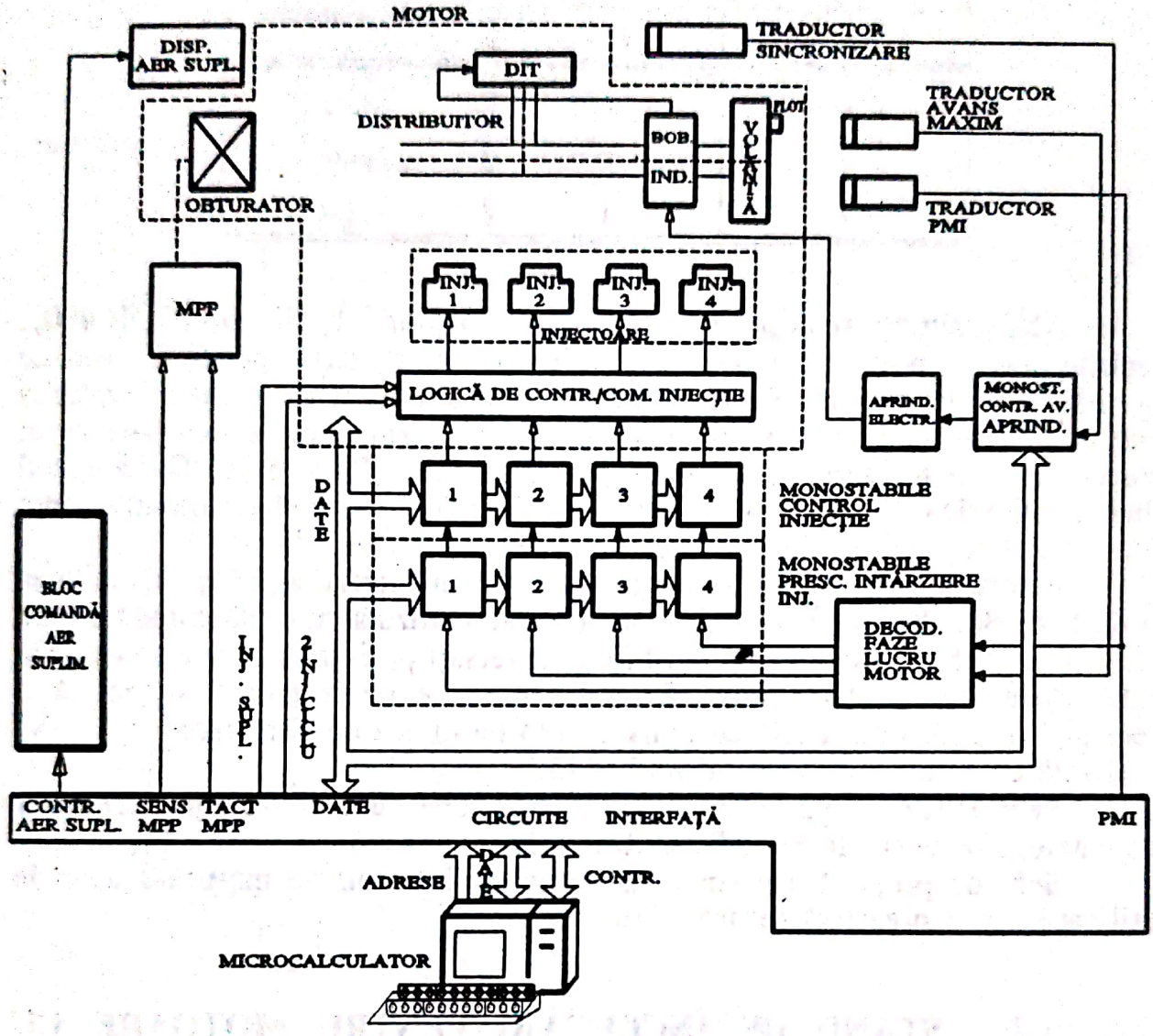


Figura 5.23

Conform acestei scheme-bloc, informaţiile preluate de calculator sunt [42], [27]:

- avansul maxim la aprindere;
- punctul mort interior;
- semnal de sincronizare (identificarea cilindrului 1 la aprindere;
- turaţie, cu afişarea numerică şi analogică (simulată) a valorii măsurate.

Calculatorul permite prescrierea şi controlul următoarelor mărimi:

- timpul de injecţie (de deschidere a injectoarelor electromagnetice), cu o rezoluţie de 10 μs, pe fiecare cilindru individual, în concordanţă cu fazele de lucru ale motorului şi cu afişarea numerică şi analogică (simulată);

Scanned with OKEN Scanner

– întârzierea la injecţie, cu un număr controlat de grade faţă de momentul trecerii prin punctul mort interior, cu o rezoluţie de 1°, valoarea fiind afişată numeric şi analogic (simulat);

– sarcina, prin acţionarea clapetei de acceleraţie cu ajutorul unui motor pas cu pas, cu contorizarea paşilor parcurşi şi afişarea numerică şi analogică (simulată) a unghiului de deschidere. Rezoluţia reglajului este de 0,1°;

– avansul la aprindere, cu o rezoluţie de 0,1° rotaţie arbore cotit, cu afişarea numerică şi analogică (simulată) a valorii avansului;

– debitul aerului suplimentar, cu afişarea analogică (simulată).

Realizarea acestor funcţii de măsurare şi control este asigurată de blocurile din componenţa standului în modul ce va fi prezentat în continuare.

Pentru prelucrarea informaţiilor de către calculator sunt prevăzute trei traductoare (cu efect Hall) cu destinaţie auto, preluate de la gama OLTCIT. Marcarea punctelor de interes ale mişcării periodice (de rotaţie) a motorului este asigurată de ploţi din material feromagnetic. Doi ploţi, decalaţi la 180° sunt fixaţi pe volantă. Pe carcasa ambreiajului sunt fixate (prin înfiletare în piuliţe sudate de carcasă) două din traductoarele sistemului. Poziţiile de fixare ale acestor traductoare, în concordanţă cu ploţii de pe volantă, corespund una punctului mort interior, iar alta avansului maxim. Aceasta se realizează printr-o decalare unghiulară a poziţiilor cu 60°. Semnalul de la traductorul de punct mort interior este utilizat în circuitul de interfaţă ca tact la un bistabil divizor care va permite măsurarea turaţiei (prin cronometrarea de către microcalculator a perioadei de rotaţie şi efectuarea calculelor necesare afişării rezultatului în rot/min) şi într-un decodor faze de lucru motor. Acest decodor utilizează un numărător de doi biţi ce numără impulsurile de la traductorul de punct mort interior, sincronizat cu ajutorul semnalului de la traductorul de sincronizare. Acest ultim traductor, tot cu efect Hall, este fixat pe un corp de delco preluat de la motorul clasic. În interiorul corpului se roteşte un ax (antrenat de la axa cu came) cu o turaţie 1/2 din turaţia motorului. Pe ax este fixat un plot ce trece prin faţa traductorului. Fiecare trecere a plotului prin faţa traductorului va corespunde aprinderii pe cilindrul 1, iar semnalul respectiv se foloseşte la resetarea numărătorului de 2 biţi, permiţând astfel sincronizarea. Decodorul de faze de lucru motor asigură la 4 ieşiri semnale logice ce marchează cilindrul aflat în faza de admisie. Semnalele respective declanşează 4 monostabile prescriere întârziere injecţie, realizate cu circuite programabile 8253. Prin intermediul calculatorului se poate „deplasa" începutul injecţiei la orice valoare unghiulară dorită. La sfârşitul temporizării, aceste monostabile declanşează 4 monostabile control injecţie, realizate de asemenea cu circuite programabile 8253. Timpul de injecţie este controlat de către operator prin intermediul microcalculatorului. Semnalele de control al injecţiei se aplică unui bloc logică de control/comandă injecţie. Acest bloc asigură controlul numărului de injecţii/ciclu (2 în faza de pornire, 1 după pornire), injecţia suplimentară la pornire şi amplificarea de putere necesară acţionării injectoarelor INJ1... INJ4.

Traductorul de avans maxim asigură un semnal de declanşare a monostabilului de control al avansului la aprindere. Acest monostabil este realizat cu circuitul programabil 8253, controlat de microcalculator. Semnalul de la monostabil se aplică unei aprinderi electronice ce controlează circuitul

Scanned with OKEN Scanner

primar al bobinei de inducţie. Înalta tensiune din secundarul bobinei de inducţie se aplică distribuitorului de înaltă tensiune (DIT), de unde se repartizează bujiilor pentru producerea scânteilor de aprindere.

Sarcina motorului este controlată prin intermediul poziţiei unghiulare a obturatorului (clapeta de acceleraţie). Acest lucru se realizează cu ajutorul unui motor pas cu pas MPP. Motorul pas cu pas necesită două semnale: un semnal SENS MPP (controlând sensul de rotaţie) şi un semnal TACT MPP (frecvenţa acestuia determinând viteza de rotaţie). Cele două semnale sunt generate software.

Controlul mersului în gol este asigurat de un dispozitiv de aer suplimentar care este un by-bass peste obturator, prevăzut cu un pistonaş controlat electromagnetic. Poziţia pistonaşului controlează debitul de aer suplimentar şi prin acesta turaţia de mers în gol. Acţionarea dispozitivului de aer suplimentar este asigurată de blocul de comandă aer suplimentar ce furnizează în esenţă impulsuri de frecvenţă fixă şi cu factor de umplere variabil, integrate mecanic de dispozitivul de aer suplimentar.

Informaţiile sunt transferate între calculator şi sistem prin intermediul circuitelor de interfaţă. Microcalculatorul conduce procesul cu ajutorul semnalelor de pe cele trei magistrale: date, adrese şi control.

Standul este completat şi cu alte elemente ce nu sunt prinse în bucla de control a microcalculatorului:

– frâna electromagnetică, ce asigură încărcarea controlată a motorului, cu indicarea valorii cuplului rezistent şi cu facilităţi de automatizare (funcţionare la turaţie constantă sau la cuplu constant);
– circuite de măsurare temperaturi, presiuni, tensiuni;
– circuit de supraveghere a parametrului lambda [13];
– circuite de semnalizare a stării de funcţionare.

Există de asemenea toate celelate elemente necesare funcţionării motorului (instalaţie de alimentare cu benzină, circuit de aer cu debitmetru, baterie, releu regulator etc.). Întrucât rolul acestor ultime elemente este bine cunoscut, iar unele aspecte specifice au rezultat din descrierea standului controlat cu logică cablată, în cele ce urmează se vor prezenta elementele ce conturează modul de realizare a controlului de proces în acest caz.

5.8.2. Traductoarele de impuls din sistem

Aşa după cum s-a precizat la descrierea schemei-bloc a standului cu microcalculator, se folosesc trei traductoare de impuls (cu efect Hall) pentru:

– punct mort interior;
– avans maxim;
– sincronizare.

Traductoarele, de producţie de serie, sunt preluate de la automobilele OLTCIT. Caracteristicile electrice sunt:

– tensiune de alimentare: tipic +12 V (baterie auto);
– nivel 0 logic: 1,7 V;
– nivel 1 logic: 7,0 V.

Scanned with OKEN Scanner

Nivelul 1 logic apare la trecerea unui plot din material feromagnetic prin faţa traductorului. Traductorul are încorporat un circuit formator ce asigură fronturi de ieşire abrupte.

Pentru utilizarea semnalelor de la aceste traductoare trebuie să ţinem seama de necesitatea adaptării nivelelor logice între traductoare şi sistemul cu microcalculator. Din acest punct de vedere se impune tratarea tuturor semnalelor, cu o atenţie deosebită asupra semnalelor de punct mort interior şi avans maxim. Problema este rezolvată utilizând două circuite identice, având schema electrică prezentată în fig. 5.24.

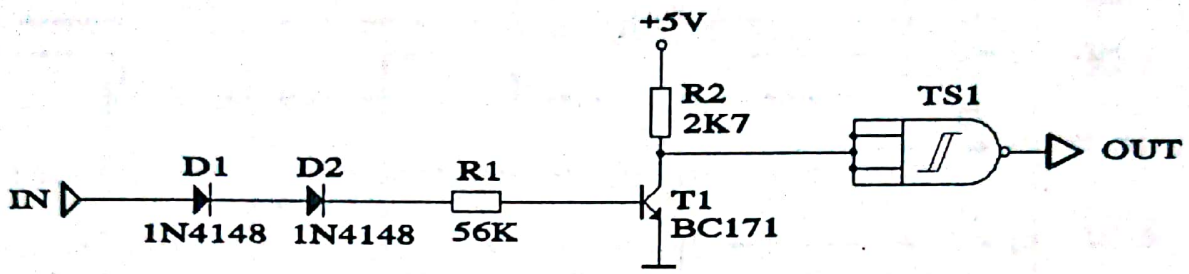


Figura 5.24

La intrare se aplică semnalele de la traductoarele de punct mort interior *(β0)*, respectiv avans maxim *(βmax)*, la ieşire semnalele respective fiind identificate cu numele de la intrare urmat de menţiunea FORMAT.

Întrucât nivelul de zero logic al traductoarelor este relativ mare, s-au utilizat diodele D1, D2 (1N 4148), cu rol de translare a nivelului. Prin rezistenţa R1, semnalul astfel translat se aplică etajului emitor comun cu tranzistorul T1 (BC 171) şi rezistenţa R2, alimentat cu tensiunea de +5 V, ceea ce asigură adaptarea nivelelor logice. Din colector, semnalul este aplicat unui circuit trigger Schmitt TS1 (CDB 413). Semnalul de ieşire are aceeaşi fază cu semnalul de la traductor (a suferit două inversări pe etajul T1 şi pe TS1). Astfel prelucrate, semnalele sunt aplicate circuitelor alimentate cu tensiunea de +5 volţi.

5.8.3. Decodorul fazelor de lucru ale motorului

În cadrul probelor de stand efectuate cu acest sistem s-a utilizat un motor de 1,4 litri din gama DACIA. Acest motor are ordinea cilindrilor la aprindere *1-3-4-2*, respectiv la admisie *4-2-1-3*. Cunoaşterea cu precizie a acestor succesiuni este necesară pentru a putea permite comanda corectă a injectoarelor electromagnetice. Schema electrică a decodorului este prezentată în fig. 5.25.

Circuitul conţine un numărător de 2 biţi realizat cu bistabilele CB1, CB2 (CDB 473) conectate în cascadă. Numărătorul poate fi sincronizat cu fazele de lucru ale motorului prin acţionarea intrărilor de reset. Semnalul de numărare este preluat de la monostabilul CM1, declanşat de semnalul β0 FORMAT. Cum numărătorul de 2 biţi numără pe frontul căzător al impulsului de tact şi se

Scanned with OKEN Scanner

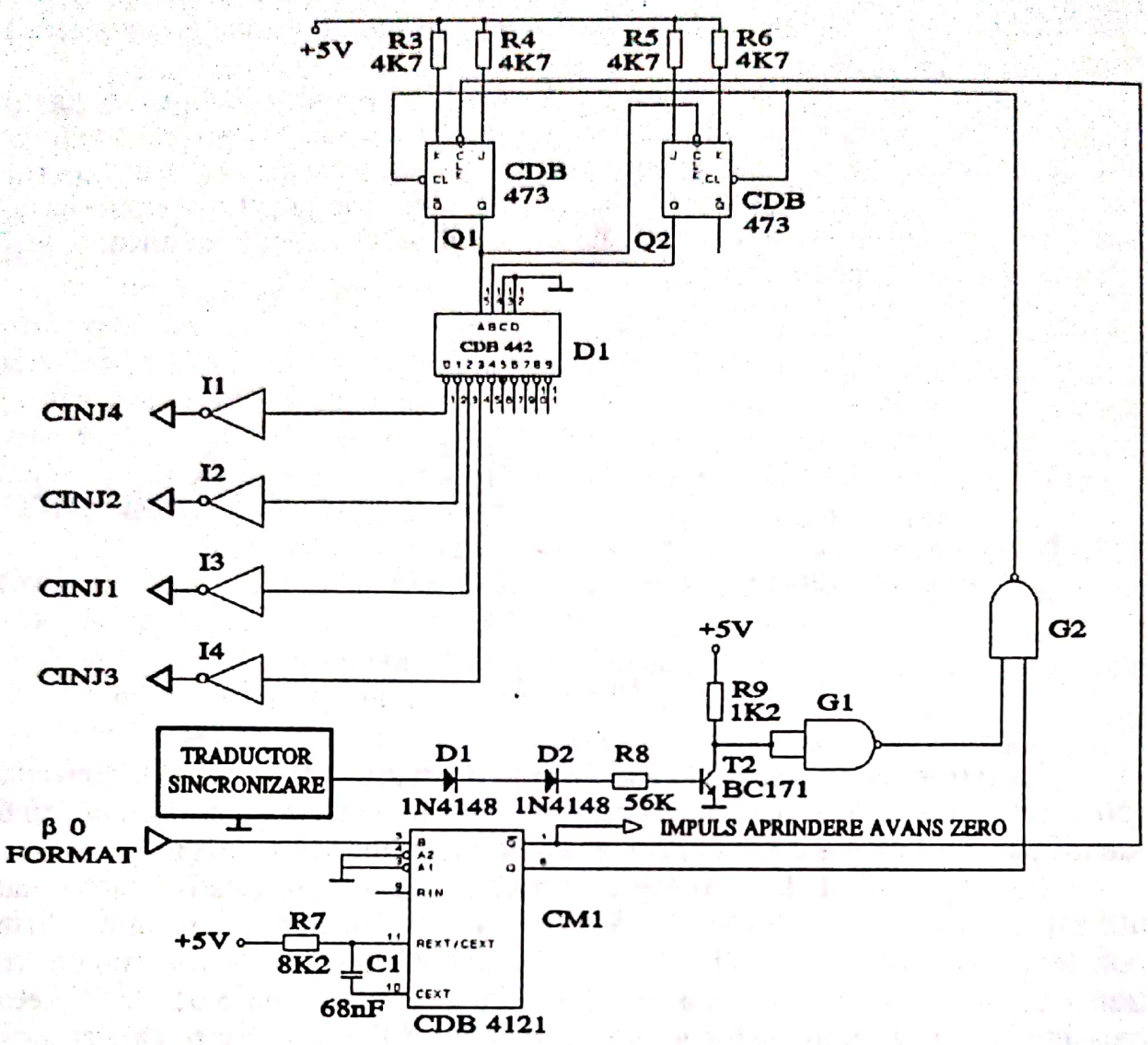


Figura 5.25

doreşte modificarea stării în momentul trecerii motorului prin punctul mort interior, semnalul de numărare se preia de la ieşirea inversată $\overline{Q}$ a monostabilului CM1. De la aceeaşi ieşire se preia şi semnalul IMPULS APRINDERE PE AVANS ZERO, necesar în circuitul de control al aprinderii. Durata impulsului este de 0,42 ms.

Funcţionarea circuitului decodor de faze de lucru rezultă şi din diagrama de semnale prezentată în fig. 5.26.

La fiecare trecere a motorului prin punctul mort interior apare un impuls ce modifică starea numărătorului de doi biţi. Numărătorul este sincronizat cu ajutorul semnalului de la traductorul de sincronizare ce dă impuls când cilindrul 1 este în faza de aprindere. Impulsul are o perioadă de cca 60° rotaţie arbore cotit (30° înainte şi 30° după p.m.i). Adaptarea nivelelor logice este asigurată de diodele D3, D4 (1N 4148) şi de etajul emitor comun T2 (BC 171) cu rezistenţele R8, R9, alimentat de la tensiunea de +5V. Semnalul din colector

Scanned with OKEN Scanner

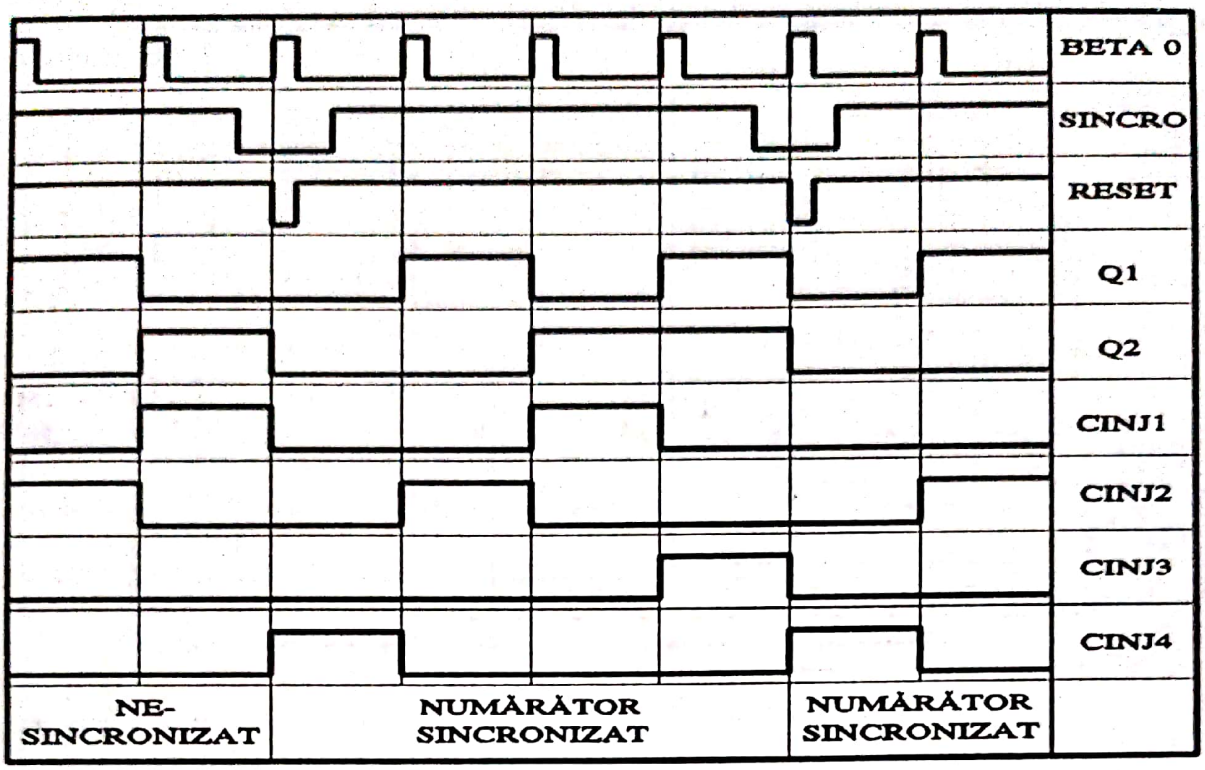


Figura 5.26

este inversat de poarta G1, având aceeaşi fază cu semnalul dat de traductor. Pe durata cât traductorul este activat de trecerea plotului, ieşirea din poarta G1 este la nivel 1 logic, validând în acest mod poarta G2. Pe cealaltă intrare a porţii G2 se aplică semnal de la ieşirea Q a monostabilului CM1. În acest mod, prin poarta G2 poate trece impulsul de avans zero numai când motorul este cu cilindrul 1 în faza aprindere (respectiv cilindrul 4 la admisie). La ieşirea porţii G2 se obţine pe durata acestui impuls nivel zero logic, ce resetează numărătorul de 2 biţi. Această resetare asigură sincronizarea sistemului (teoretic după maximum două ture ale motorului) şi evită desincronizările din timpul funcţionării (datorate perturbaţiilor). După ce s-a realizat sincronizarea iniţială a numărătorului, următorul impuls de reset apare practic simultan cu tactul ce comandă trecerea în zero a numărătorului, având astfel acelaşi efect.

Stările numărătorului de 2 biţi sunt decodificate cu ajutorul circuitului decodificator D1 (CDB 442) BCD-zecimal. Cei doi biţi ai numărătorului se aplică la intrările A, B, iar intrările C, D sunt legate la masă (zero logic). Prin urmare sunt active, pe nivel zero logic ieşirile 0, 1, 2, 3 ale decodificatorului. Cu ajutorul inversoarelor I1, I2, I3, I4, se obţin semnalele de identificare ale fazelor de lucru, conform cu admisia, CINJ4, CINJ2, CINJ1, CINJ3, necesare controlului circuitului de comandă a injecţiei.

5.8.4. Circuitul de control al injecţiei

Obţinerea impulsurilor de control al injectoarelor electromagnetice [17], [34], [35] este asigurată de un circuit având schema din fig. 5.27.

Scanned with OKEN Scanner

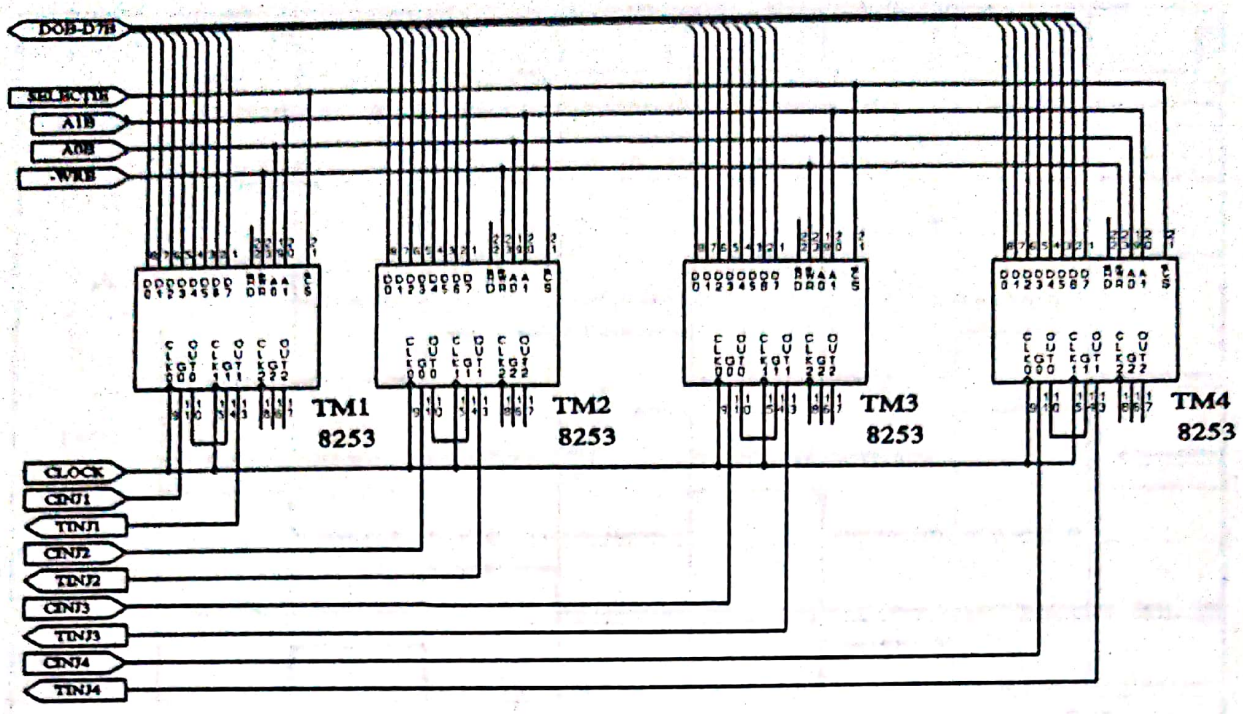


Figura 5.27

Circuitul conţine patru numărătoare programabile de tip 8253 TM1,...,TM4 „văzute" de calculator la aceeaşi adresă. Pentru aceasta pinii de selecţie $\overline{CS}$ de la toate cele 4 circuite integrate sunt legaţi împreună. Se utilizează numai câte două din cele trei secţiuni ale numărătoarelor programabile (secţiunea 0 şi secţiunea 1). Tactul pentru toate aceste secţiuni este preluat de la microcalculator (CUB Z). Secţiunile 0 asigură întârzierea controlabilă a injecţiei faţă de trecerea prin punctul mort interior al motorului. Operatorul prescrie (în grade) valoarea întârzierii, iar microcalculatorul efectuează calculele necesare (ţinând seama de turaţie), pe baza cărora se înscrie în timere valoarea corespunzătoare. Deşi înscrierea timerelor se face simultan, secvenţele de funcţionare sunt decalate în timp prin mijloace hardware. Acest fapt se datorează declanşării monostabilelor (pe la intrarile GATE 0) de către fronturile crescătoare ale semnalelor CINJ1, CINJ2, CINJ3, CINJ4, furnizate de decodorul fazelor de lucru. Ieşirile secţiunilor 0 (OUT 0) sunt legate la intrările poartă de la secţiunile 1 (GATE 1). Secţiunile 1 sunt de asemenea programate în modul 1 (monostabil), în care se înscrie valoarea dorită a timpului de injecţie. Declanşarea monostabilelor are loc la sfârşitul perioadei cvasistabile a secţiunilor 0, când ieşirile OUT 0 trec de la nivelul zero la nivelul 1 logic. De la ieşirile OUT 1 ale celor 4 circuite se preiau impulsurile de control ale duratei injecţiei, TINJ1, TINJ2, TINJ3, TINJ4. Impulsurile au durata prescrisă de operator şi sunt poziţionate faţă de momentul trecerii motorului prin punctul mort interior, conform valorii introduse de la claviatura microcalculatorului. Datele necesare funcţionării numărătoarelor programabile sunt vehiculate pe magistrala DATE D0B,...,D7B a microcalculatorului (cu bufferele de rigoare).

Acest mod de funcţionare a circuitului de prescriere a parametrilor de injecţie (durată impulsuri şi întârziere după p.m.i.) este foarte avantajos, permiţând verificarea multor ipoteze de lucru pentru motor.

Scanned with OKEN Scanner

Particularităţile funcţionale ale circuitului rezultă şi din diagrama de semnale din fig. 5.28.

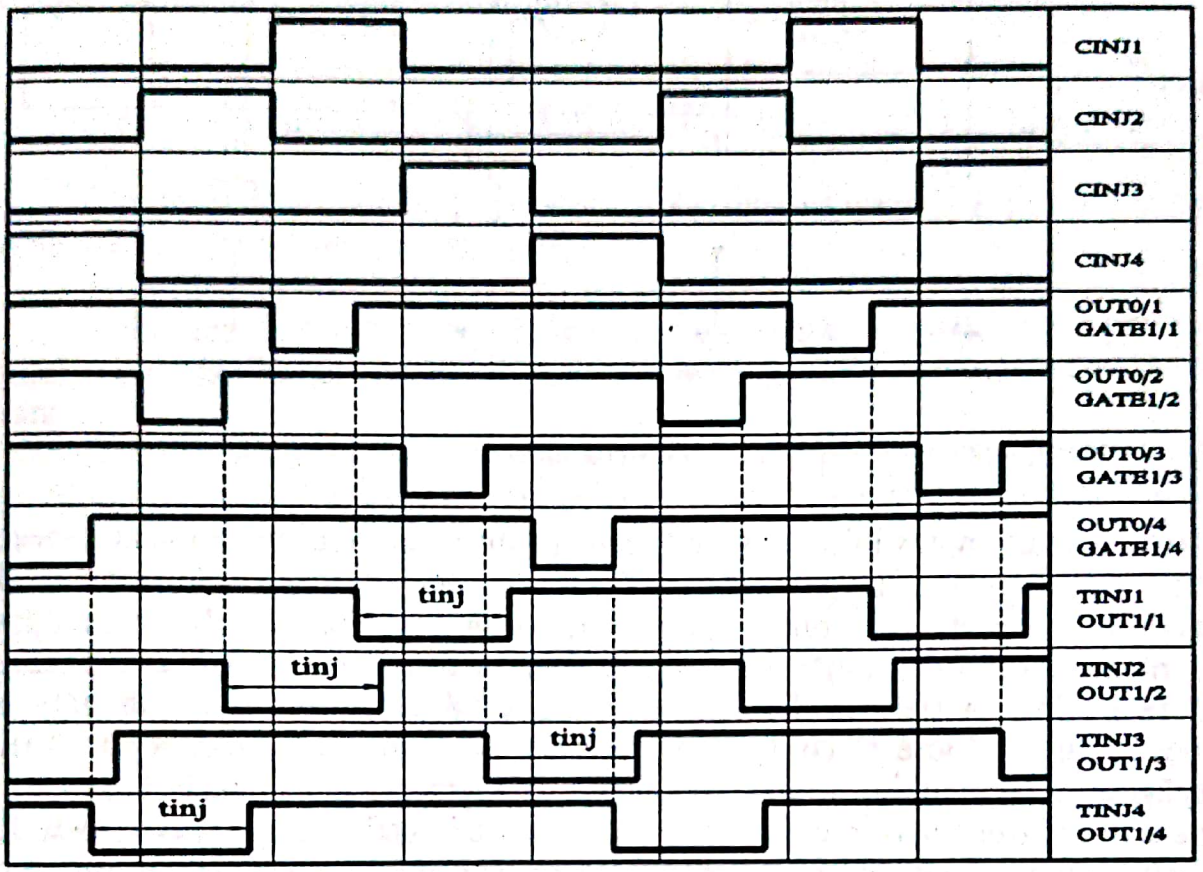


Figura 5.28

Utilizând patru circuite independente, se poate prelungi injecţia pentru un cilindru dincolo de faza corespunzătoare admisiei pe respectivul cilindru, suprapunându-se astfel pe faza de admisie a altui cilindru [42]. Acest mod de lucru nu ar fi posibil dacă s-ar utiliza un singur timer, impulsurile de ieşire fiind distribuite către injectoare cu semnale de validare preluate de la decodorul fazelor de lucru ale motorului.

În fig. 5.28 s-au ales pentru exemplificare valori ale timpului de injecţie ce evidenţiază posibilitatea suprapunerii impulsurilor, fară ca aceasta să determine vreo limitare în funcţionare.

Modul de distribuire a semnalelor de control al injectoarelor rezultă din analiza schemei electrice a circuitului din fig. 5.29.

Semnalele ce concură la formarea finală a impulsurilor pentru injectoarele electromagnetice sunt TINJ1, TINJ2, TINJ3, TINJ4, (furnizate de monostabilele programabile 8253 din fig. 5.27), precum şi două semnale generate de microcalculator: NR.INJ/ CICLU şi INJECŢIE PORNIRE. Semnificaţia acestor semnale va rezulta din cele ce urmează. Cum pornirea nu începe dintr-o stare precisă (sincronizarea numărătorului din decodorul de faze de lucru se face când la aprindere este cilindrul 1), pentru a uşura pornirea motorului se justifică

Scanned with OKEN Scanner

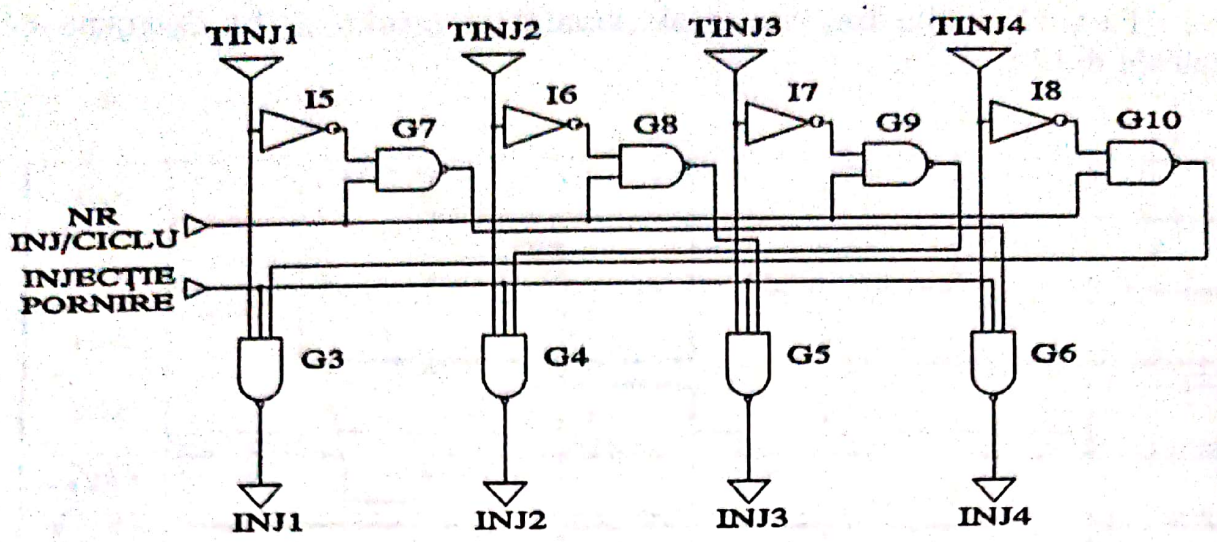


Figura 5.29

utilizarea unui impuls iniţial („spriţ") activ pe nivel zero logic, care să acţioneze toate injectoarele o singură dată, la iniţializarea sistemului de control al standului. Durata acestui impuls este programabilă de la claviatura microcalculatorului. Numărul de injecţii/ciclu depinde de regimul de funcţionare a motorului. Astfel, în faza de pornire, când este necesară îmbogăţirea amestecului, se lucrează cu două injecţii/ciclu, iar după ce motorul a pornit (la depăşirea unei anumite turaţii, de valoare de asemenea programabilă de către operator) se trece la o injecţie/ciclu. Numărul de injecţii/ciclu este controlat de nivelul logic aplicat intrării corespunzătoare. Un nivel zero logic determină o injecţie/ciclu, iar un nivel 1 logic asigură două injecţii/ciclu. În modul de lucru cu o injecţie/ciclu impulsurile se repartizează injectoarelor în concordanţă cu fazele de lucru ale motorului. La două injecţii/ciclu, injectoarele se comandă pe perechi 1-4 (4-1) şi 2-3 (3-2).

Realizarea acestor funcţiuni este asigurată de porţile G3, G4, G5, G6, (CDB 410), ce mixează semnalele TINJ şi INJECŢIE PORNIRE, conform modului selectat de NR.INJ/CICLU. Pentru modul cu două injecţii/ciclu se utilizează porţile G7, G8, G9, G10 (CDB 400) şi inversoarele I5, I6, I7, I8 (CDB 404). Nivelul 1 logic ce apare la intrarea NR.INJ/CICLU validează porţile G7,...,G10, astfel că la ieşiri vor apărea impulsurile TINJ1,...,TINJ4 (aplicate la intrările porţilor prin intermediul inversoarelor I5,...,I8). Modul de conectare a ieşirilor porţilor G7,...,G10 la intrările porţilor G3,...,G6 respectă modul de comandă în pereche a injectoarelor (1-4 şi 2-3). Astfel se realizează conexiunile G7-G6, G8-G5, G9-G4, G10-G3. Când se trece la o injecţie/ciclu, apare nivel zero logic la intrarea NR.INJ/CICLU, ce inhibă porţile G7,..,G10. Nivelul 1 logic de la ieşirile acestor porţi validează funcţionarea în continuare a porţilor de mixare G3,..,G6.

Atât semnalele TINJ1,...,TINJ4 cât şi semnalul INJECŢIE PORNIRE sunt active pe nivel zero logic. Cum porţile G3,..,G6 sunt inversoare, semnalele de ieşire notate INJ1, INJ2, INJ3, INJ4, vor fi active pe 1 logic. Aceste

Scanned with OKEN Scanner

semnale se aplică blocurilor electronice de control al injectoarelor electromagnetice (de tipul celor prezentate în cap 5.2). În acest mod injectoarele electromagnetice vor fi acţionate în conformitate cu principiile de funcţionare selectate cu ajutorul microcalculatorului.

5.8.5. Circuitul de control al aprinderii

Din punctul de vedere al aprinderii, funcţionarea motorului pe standul de probe are loc după cum urmează [16]:

– în faza de pornire, cu avans fix (zero), cu o singură scânteie;

– în faza de funcţionare (după pornire – depăşirea unei turaţii prestabilite), cu două scântei: prima scânteie cu avans prescris, a doua scânteie cu avans zero.

Circuitul electronic pentru obţinerea avansului prescris este prezentat în fig. 5.30. Avansul prescris este controlabil de către operator prin intermediul claviaturii calculatorului. Principiul este cel al unei întârzieri programabile faţă de momentul trecerii motorului prin poziţia unghiulară corespunzătoare avansului la aprindere maxim.

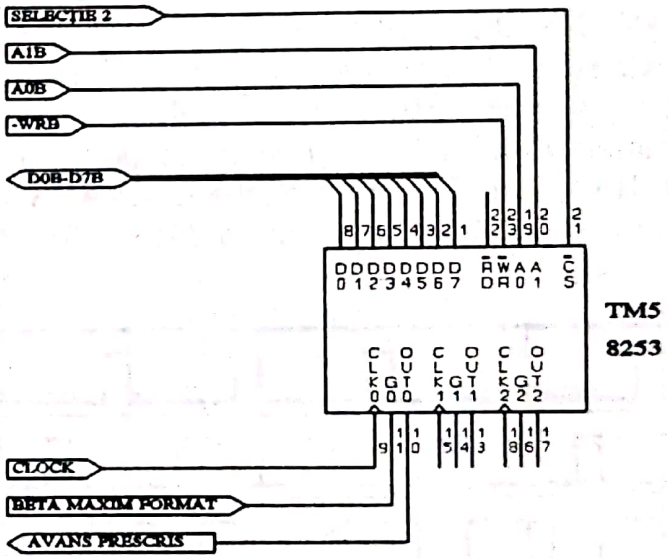


Figura 5.30

Elementul principal al circuitului este o secţiune dintr-un numărător programabil 8253, TM5, programat în modul 1 (monostabil). În acest monostabil se încarcă o anumită valoare prin intermediul magistralei DATE D0B,..,D7B. Valoarea este calculată de microcalculator pornind de la valoarea avansului prescris de operator şi ţinând seama de turaţia motorului. Tactul pentru funcţionarea monostabilului este preluat de la microcalculator, iar de pe magistrala de control se preia semnalul de scriere WRB. Declanşarea monostabilului este asigurată de semnalul β MAXIM FORMAT, obţinut pe baza informaţiilor de la traductorul de avans maxim. Astfel, ieşirea OUT trece în zero logic la sesizarea avansului maxim şi revine la nivel 1 logic la momentul ce corespunde avansului la aprindere dorit.

Modul de obţinere a semnalelor de control al aprinderii rezultă din schema prezentată în fig. 5.31. Diagrama de semnale a circuitului de control al aprinderii este prezentată in fig. 5.32.

Circuitul permite mixarea semnalelor de aprindere pe avans prescris şi pe avans zero. Impulsul de aprindere pe avansul prescris este furnizat de

Scanned with OKEN Scanner

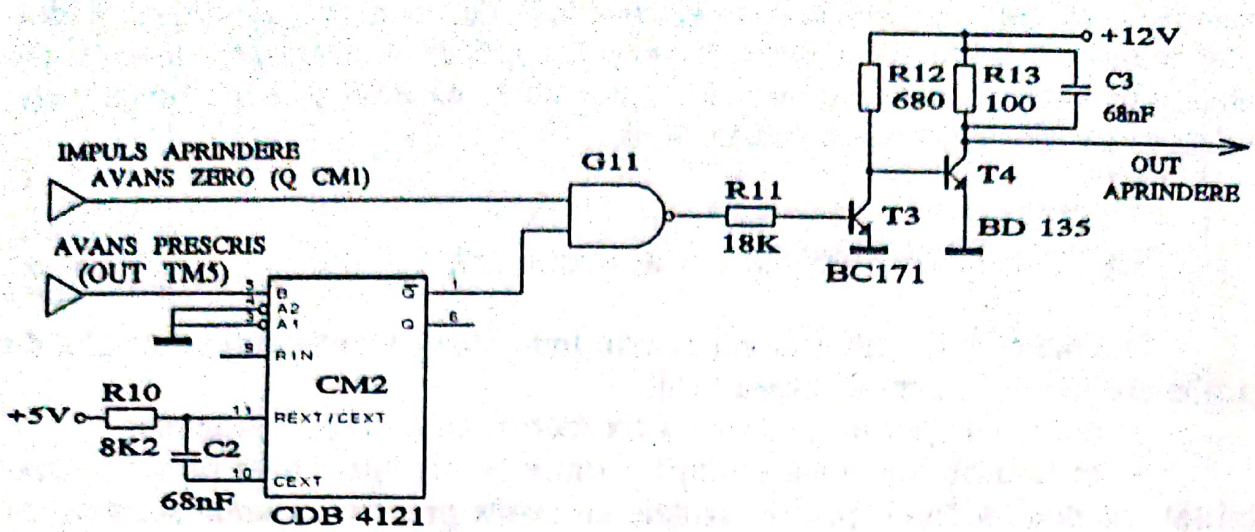


Figura 5.31

monostabilul CM2 (CDB 4121), declanşat pe frontul crescător al semnalului AVANS PRESCRIS, fig. 5.30. Se generează la momentul corespunzător avansului prescris un impuls cu o durată de 0,42 ms (folosind elementele de temporizare R10, C2). Semnalul este preluat de la ieşirea inversoare $\overline{Q}$ a monostabilului CM2 şi se aplică porţii G11 (CDB 400), unde se mixează cu IMPULSUL DE APRINDERE AVANS ZERO (de la ieşirea inversată $\overline{Q}$ a monostabilului CM1, fig. 5.25), astfel că la ieşire se regăsesc impulsurile

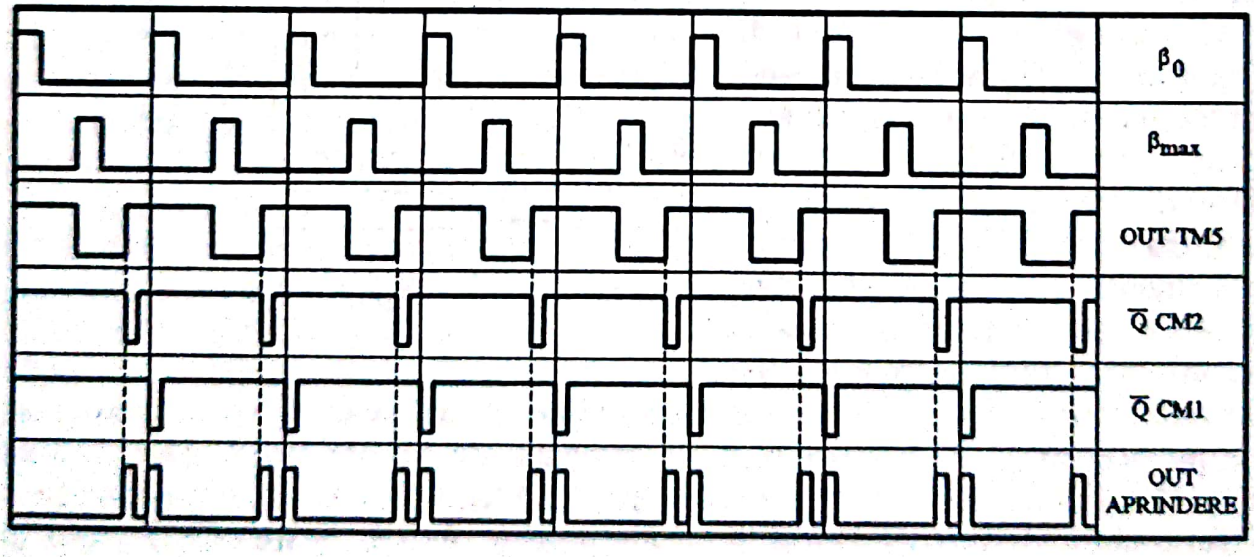


Figura 5.32

(active pe nivel 1 logic). Aducerea acestor impulsuri la parametrii de putere necesari acţionării unei aprinderi electronice este asigurată de etajele realizate cu tranzistoarele T3 (BC 171), T4 (BD 135), rezistenţele R11, R12, R13 şi condensatorul C3.

Scanned with OKEN Scanner

5.8.6. Circuitul de control al dispozitivului de aer suplimentar

Dispozitivul de aer suplimentar controlează turaţia de mers în gol a motorului. Cu ajutorul unei automatizări adecvate se poate menţine constantă această turaţie, indiferent de anumite încărcări ale motorului (aprinderea farurilor, funcţionarea ştergătoarelor de parbriz etc.). Dispozitivul de aer suplimentar este realizat din punct de vedere mecanic dintr-un pistonaş (antrenat cu ajutorul unei bobine) ce asigură o obturare variabilă a unei conducte de aer. Poziţia pistonaşului depinde de valoarea medie a curentului prin bobină, iar echilibrarea este asigurată de un resort antagonist. Circuitul de aer astfel realizat este plasat ca *by-pass* peste obturatorul de aer, permiţând, atunci când este necesar, admisia unor cantităţi suplimentare de aer. Întrucât poziţia pistonaşului, deci debitul de aer, depinde de valoarea medie a curentului prin bobina dispozitivului de aer suplimentar, s-a ales ca soluţie atacul cu impulsuri de frecvenţă fixă şi factor de umplere variabil. Schema electrică a circuitului de control al dispozitivului de aer suplimentar este prezentată în fig. 5.33.

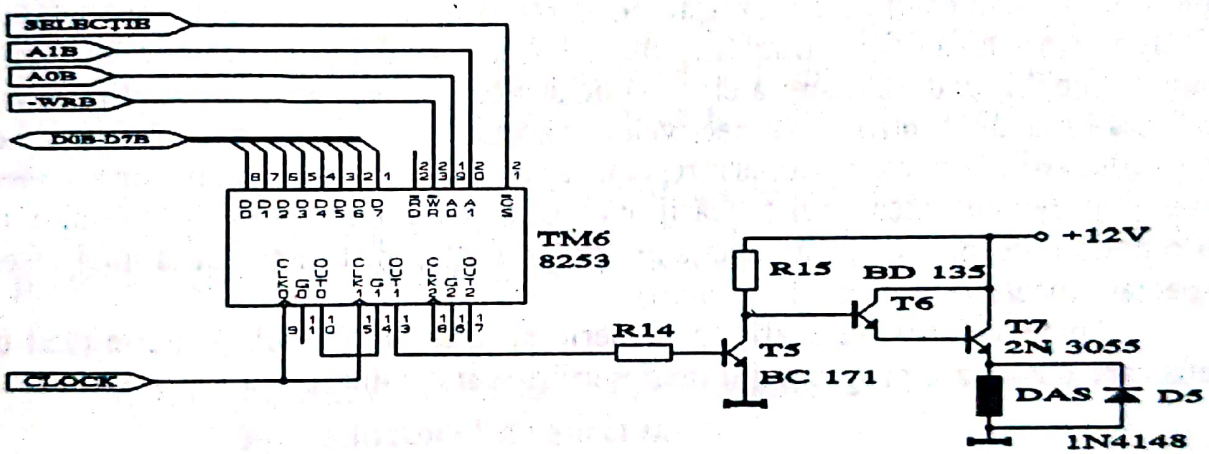


Figura 5.33

Prescrierea parametrilor frecvenţă şi durată (factor de umplere) este realizată cu ajutorul secţiunilor 0 şi 1 din numărătorul programabil TM6 (8253). Secţiunea 0 este programată în mod 3 (astabil simetric) ce divide semnalul CLOCK de la microcalculator. Factorul de divizare înscris corespunde unei frecvenţe a astabilului de 150 Hz, determinată experimental (pentru a evita vibraţiile mecanice ale dispozitivului de aer suplimentar). Semnalul de ieşire (la OUT 0) se aplică la intrarea GATE 1 (de la secţiunea 1). Această secţiune este programată în mod 1 (monostabil). De pe magistrala de DATE se înscrie de la microcalculator valoarea temporizării realizate de monostabil. Semnalul de la ieşirea OUT 1 este amplificat în tensiune pe etajul T5 (BC 171), R14, R15 (alimentat de la bateria de +12 V) şi în putere pe etajul Darlington T6 (BD 135), T7 (2N 3055), funcţionând ca repetor pe emitor. În emitor se găseşte bobina dispozitivului de aer suplimentar DAS. Antiparalel cu bobina DAS se găseşte dioda D5 (1N 4148), pentru descărcarea energiei din bobină.

Scanned with OKEN Scanner

5.8.7. Modul de utilizare a sistemului de control cu microcalculator

Microcalculatorul folosit este de tip CUB Z. S-a folosit sistemul de operare CP/M, iar programul de funcţionare a fost elaborat în limbaj evoluat TURBO-PASCAL. După încărcarea programului se închide în mod automat clapeta de acceleraţie, după care apar sub forma de mesaj (interogativ) elementele necesare a fi prescrise pentru pornirea motorului: durata impulsului de injecţie suplimentară, durata impulsurilor de injecţie pe perioada pornirii, durata impulsurilor după pornire, valoarea turaţiei la care se consideră motorul pornit, unghiul de avans la aprindere după pornire, valoarea de control a dispozitivului de aer suplimentar. Datele se introduc în memorie sub forma numerică, după care se dă comanda de încărcare a valorilor în circuitele de deservire specifice. Pe ecran apar valorile înscrise (numeric) şi „acele" afişajelor analogice (simulate). Din acest moment tastele capătă semnificaţii funcţionale specifice. În momentul acestei treceri se declanşează impulsul de injecţie suplimentară. Se acţionează contactul demarorului şi după pornirea motorului, controlul acestuia este asigurat prin comenzi de incrementare/ decrementare a valorilor: timp injecţie, avans la aprindere, întârziere a injecţiei, sarcină-unghi de deschidere a clapetei de acceleraţie, debit de aer suplimentar, cu rezoluţia de control a respectivelor mărimi. Pentru uşurinţa reglajelor se prevede posibilitatea funcţionării repetate a comenzii (prin acţionarea încă a unei taste) şi posibilitatea multiplicării cu 10 a acţiunilor (ceea ce permite o promptitudine mai mare a reglajelor, de asemenea prin acţionarea unei taste special alocate acestui mod de lucru).

Toate valorile sunt afişate numeric şi analogic (simulat), permiţând o utilizare comodă a programului de deservire a standului.

Scanned with OKEN Scanner

6

ECHIPAMENTE ELECTRONICE DE PE AUTOMOBIL

6.1. TRADUCTORUL DE SARCINĂ

După cum s-a arătat, în cazul motorului ARO s-a adoptat ca măsură a sarcinii valoarea unghiului de deschidere a obturatorului de aer (clapetei de accelerație). Prin urmare s-a pus problema realizării unui traductor care să determine unghiul clapetei și să fie acționat chiar de axul clapetei de aer. Având în vedere domeniul de variație de la 0° la 84° a unghiului de deschidere, pentru a mări rezoluția traductorului se va folosi un multiplicator mecanic de turație în raportul 4:1.

Din punct de vedere electric, s-a folosit soluția unui traductor numeric, cu citire optoelectronică. Plaja de variație de 84° a fost împărțită în 64 de clase, pentru codificarea cărora s-au folosit 6 biți [23].

6.1.1. Modul de codificare a informației în traductorul de sarcină

Cele 64 de clase ale traductorului de sarcină sunt codificate pe suprafața unui cilindru din aluminiu antrenat în mișcare de rotație de către multiplicatorul de turație al axului clapetei de aer. Codurile sunt materializate cu ajutorul unor fante de deschidere unghiulară bine determinată, dispuse pe 6 nivele. Blocurile electronice de citire sunt dispuse pe o generatoare a cilińdrului codificat, astfel încât cu clapeta închisă respectiva generatoare să permită citirea codului corespunzător valorii zero.

Pentru evitarea erorilor ce apar la schimbarea codurilor binare naturale, care ar provoca perturbări însemnate în funcționare, s-a preferat codificarea cilindrului în cod Gray. Evident, valorile unghiulare ale claselor se stabilesc în urma interpretării rezultatelor experimentale obținute în cadrul probelor de stand. În cazul motorului ARO valorile inferioare ale unghiurilor ce definesc clasele sunt din grad în grad în intervalul 0° ... 42° și din două în două grade de la 42° până la 84° de rotire a clapetei.

Informațiile despre clasa de sarcină, valoarea inferioară a unghiului de rotire a clapetei corespunzătoare acestei clase, precum și codul asociat sunt prezentate în tabelul 6.1.

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 6.1

Clasa	Unghi clapetă	Cod binar	Cod hexa
0	0	00 0000	00H
1	1	00 0001	01H
2	2	00 0011	03H
3	3	00 0010	02H
4	4	00 0110	06H
5	5	00 0111	07H
6	6	00 0101	05H
7	7	00 0100	04H
8	8	00 1100	0CH
9	9	00 1101	0DH
10	10	00 1111	0FH
11	11	00 1110	0EH
12	12	00 1010	0AH
13	13	00 1011	0BH
14	14	00 1001	09H
15	15	00 1000	08H
16	16	01 1000	18H
17	17	01 1001	19H
18	18	01 1011	1BH
19	19	01 1010	1AH
20	20	01 1110	1EH
21	21	01 1111	1FH
22	22	01 1101	1DH
23	23	01 1100	1CH
24	24	01 0100	14H
25	25	01 0101	15H
26	26	01 0111	17H
27	27	01 0110	16H
28	28	01 0010	12H
29	29	01 0011	13H
30	30	01 0001	11H
31	31	01 0000	10H

Clasa	Unghi clapetă	Cod binar	Cod hexa
32	32	11 0000	30H
33	33	11 0001	31H
34	34	11 0011	33H
35	35	11 0010	32H
36	36	11 0110	36H
37	37	11 0111	37H
38	38	11 0101	35H
39	39	11 0100	34H
40	40	11 1100	3CH
41	41	11 1101	3DH
42	42	11 1111	3FH
43	44	11 1110	3EH
44	46	11 1010	3AH
45	48	11 1011	3BH
46	50	11 1001	39H
47	52	11 1000	38H
48	54	10 1000	28H
49	56	10 1001	29H
50	58	10 1011	2BH
51	60	10 1010	2AH
52	62	10 1110	2EH
53	64	10 1111	2FH
54	66	10 1101	2DH
55	68	10 1100	2CH
56	70	10 0100	24H
57	72	10 0101	25H
58	74	10 0111	27H
59	76	10 0110	26H
60	78	10 0010	22H
61	80	10 0011	23H
62	82	10 0001	21H
63	84	10 0000	20H

Un model plan al dispunerii fantelor pe cilindrul codificat este prezentat în fig. 6.1 sub forma unui disc codificat. Se precizează codurile şi valorile unghiurilor.

Scanned with OKEN Scanner

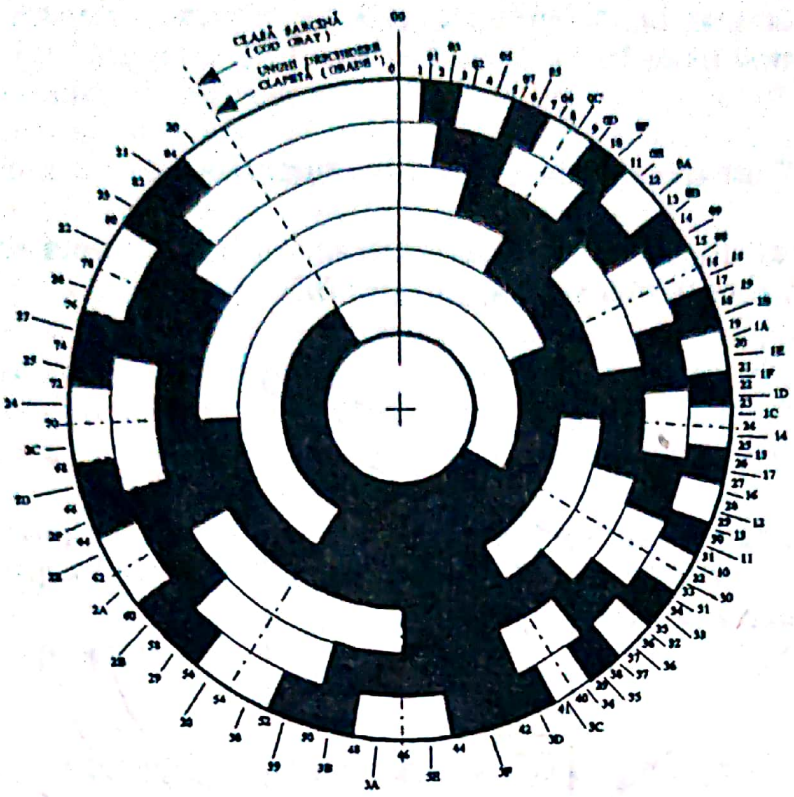


Figura 6.1

În figură s-au precizat valorile unghiulare ale claselor şi codurile hexazecimale asociate. Modelul plan ţine seama şi de un factor de multiplicare de 4 : 1 folosit la antrenarea cilindrului codificat.

6.1.2. Circuitul electronic al traductorului de sarcină

Schema electronică a circuitului pentru citirea unui bit este prezentată în fig. 6.2. După cum s-a precizat, informaţia despre sarcină este preluată sub forma unui cod binar Gray de şase biţi prin citirea optoelectronică a informaţiei de pe cilindrul codificat.

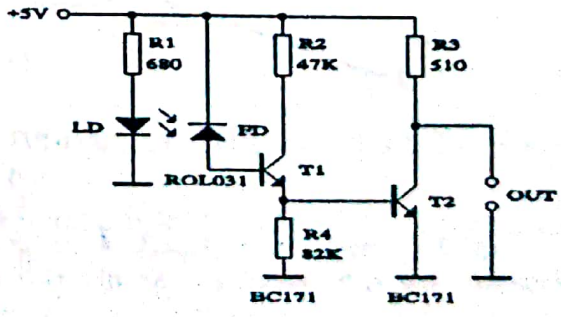


Figura 6.2

S-a folosit o fotodiodă şi nu fototranzistor din considerente de stabilitate [65]. Amplificarea semnalului detectat de fotodiodă este asigurată de etajele de amplificare realizate cu tranzistoarele T1, T2 şi rezistenţele R2, R3, R4. Nu s-a utilizat conexiunea Darlington pentru a nu se compromite nivelul zero logic (traductorul este cuplat la o logică TTL). În ceea ce priveşte dioda electroluminiscentă LD, aceasta trebuie să fie încapsulată în răşină de o

Scanned with OKEN Scanner

transparenţă cât mai bună (capsulă „clară"), pentru a asigura o intensitate luminoasă cât mai mare în circuitul de citire.

6.1.3. Construcţia mecanică a traductorului de sarcină

Realizarea din punct de vedere mecanic a traductorului de sarcină este prezentată (sub forma unei secţiuni) în fig. 6.3.

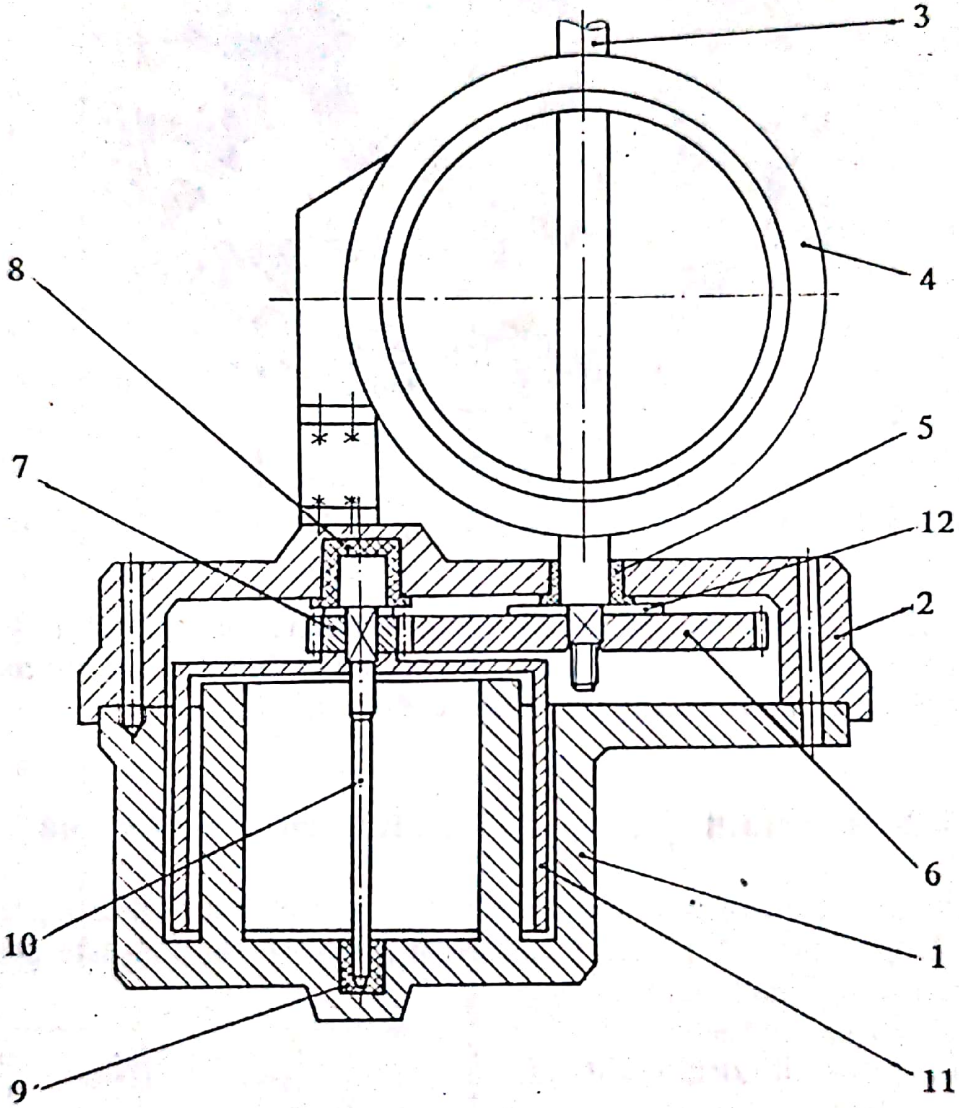


Figura 6.3

1 - corp; *2* - capac; *3* - ax clapetă; *4* - galerie de admisie; *5* - lagăr; *6* - roată dinţată; *7* - roată dinţată;*8* - lagăr; *9* - lagăr; *10* - ax antrenare cilindru codificat; *11* - cilindru codificat; *12* - şaibă de poziţionare.

Atât corpul *1* cât şi capacul *2* sunt realizate din material plastic. Îmbinarea lor este asigurată cu ajutorul unor şuruburi. Mişcarea unghiulară a clapetei de aer, obţinută prin antrenarea acesteia de către cablul de acceleraţie, este preluată de la axul clapetei *3*, care transmite mişcarea la roata dinţată *6*.

Scanned with OKEN Scanner

Aceasta angrenează roata dinţată *7*, asigurându-se o transmisie cu raport de multiplicare 4:1. Mişcarea de rotaţie a roţii dinţate *7* este preluată de axul de antrenare a cilindrului codificat *10*, care, prin intermediul unei secţiuni pătrate asigură antrenarea cilindrului codificat *11*. Lagărele sunt realizate din bronz, axele din oţel, iar roţile dinţate din poliamidă. Discul codificat foloseşte aluminiu eloxat negru, pentru a evita fenomenele de reflexie.

Diodele electroluminiscente şi fotodiodele din circuitele optoelectronice de citire sunt fixate în interiorul unor orificii coaxiale (pentru perechile din optocuploare) şi pe aceeaşi generatoare, practicate în corpul *1*. Circuitele amplificatoare sunt realizate pe cablaj imprimat fixat cu ajutorul unor şuruburi şi bucşe în corpul *1*. Montajul amplificatoarelor este ecranat, iar semnalele corespunzătoare celor şase biţi sunt transmise pe un cablu multifilar prevăzut cu ecran.

Ecranările corecte ale acestor circuite prezintă o importanţă deosebită pentru buna funcţionare a sistemului de injecţie, având în vedere nivelul foarte ridicat al perturbaţiilor electromagnetice ce apar sub capota motorului, datorită instalaţiei de aprindere.

6.2. SISTEM CU MICROPROCESOR PENTRU CONTROLUL INJECŢIEI DE BENZINĂ ŞI AL APRINDERII

În urma efectuării probelor de stand s-au putut obţine caracteristicile de dozaj şi de avans optime pentru funcţionarea motorului. Aceste date se memorează în memoria fixă a sistemului cu microprocesor. Manevrarea electronică a informaţiilor despre parametrii necesari funcţionării motorului asigură cele mai bune performanţe în ceea ce priveşte viteza de răspuns la variaţiile regimului de lucru al motorului. Sistemul cu microprocesor asigură, pe lângă manipularea datelor din memorie, şi alte funcţii de măsurare şi supraveghere a parametrilor.

6.2.1. Aspecte generale ale folosirii sistemelor cu microprocesor în controlul injecţiei de benzină şi al aprinderii

La proiectarea sistemului cu microprocesor [10] s-a avut în vedere realizarea următoarelor funcţiuni [25], [26]:

- controlul timpilor de deschidere pentru injectoarele electromagnetice;
- controlul unghiului de avans la aprindere;
- controlul numărului de injecţii/ciclu (1 sau 2);
- asigurarea unui amestec bogat pentru regimul de pornire;
- posibilitatea reglării (manuale) a dozajului în faza de încălzire a motorului;
- suspendarea injecţiei de benzină pentru regimul de mers în gol forţat;
- durata constantă a impulsului de aprindere;

Scanned with OKEN Scanner

– selecţia electronică a cilindrului în care se injectează benzină şi a celui la care se transmite impulsul de aprindere (cu posibilitatea realizării distribuţiei statice);

– clasificarea turaţiei motorului în 64 sau 32 clase (6 sau 5 biţi - conversie în trepte);

– măsurarea discretă (digitală) a poziţiei unghiulare a clapetei de acceleraţie şi clasificarea acesteia în 64 clase (6 biţi - conversie în trepte);

– blocarea injectoarelor electromagnetice atât timp cât motorul nu se roteşte.

Din cele prezentate rezultă că sistemul electronic de control trebuie să realizeze un ansamblu de funcţiuni variat şi complex, ceea ce evident impune utilizarea microprocesoarelor. Proiectarea sistemului, atât hardware cât şi software, trebuie să asigure performanţe ridicate, având în vedere controlul în timp real al proceselor.

6.2.2. Schema-bloc a sistemului electronic de control

Realizarea funcţiilor precizate anterior a fost asigurată de un sistem cu microprocesor Z80, organizat conform schemei bloc din fig. 6.4.

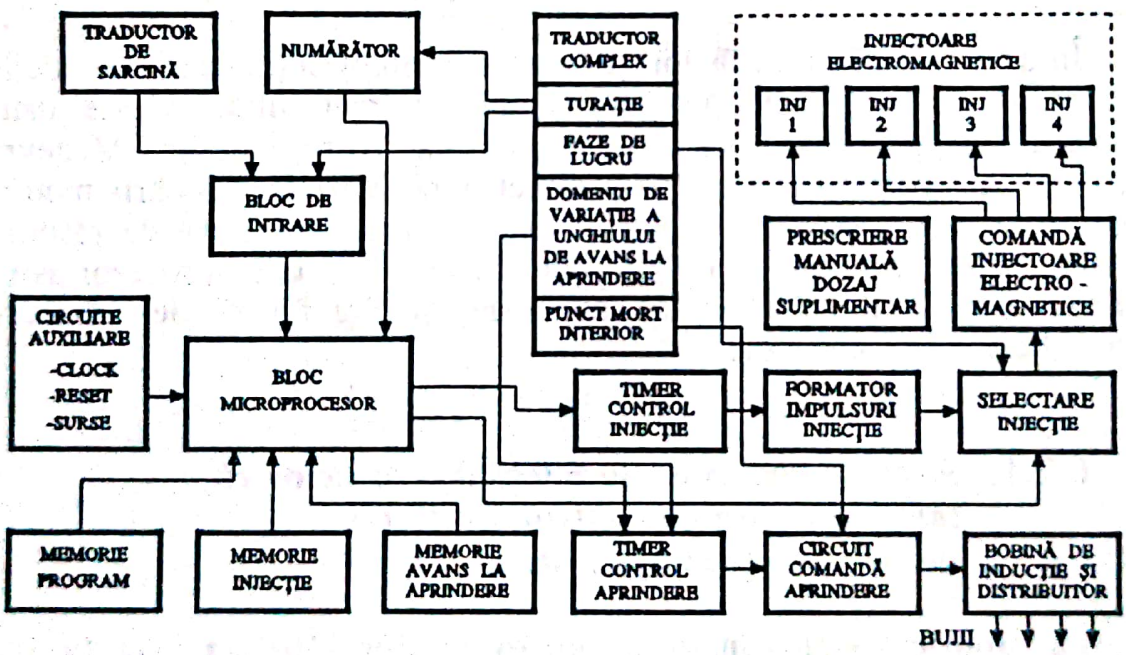


Figura 6.4

Conform acestei scheme rezultă următoarea grupare funcţională a blocurilor: – blocul microprocesor; – traductoarele (de sarcină, complex, numărător turaţie); – memoria ROM (program, injecţie, avans la aprindere); – blocul de intrare (sarcină, variaţie unghi de avans); – circuitele de control al injecţiei (timer de control injecţie, prescriere manuală dozaj suplimentar, formator impulsuri de injecţie, selectare injectoare, comandă injectoare electromagnetice, injectoare electromagnetice); – circuitele de control al

Scanned with OKEN Scanner

aprinderii (timer de control aprindere, comandă aprindere, bobină de inducţie şi distribuitor); – circuitele auxiliare (clock, reset, sursă).

Conform acestei scheme funcţionarea rezultă dintr-o sumară prezentare a funcţiilor îndeplinite de fiecare parte componentă.

Blocul microprocesor. Acest bloc cuprinde microprocesorul Z80, care, cu registrele sale interne, asigură şi necesităţile de memorie de lucru (12 registre interne generale). Din evaluarea necesarului de memorie de lucru s-au găsit soluţii de utilizare judicioasă a registrelor interne, dispărând necesitatea utilizării unei memorii RAM. Această situaţie este evident avantajoasă, atât din punct de vedere economic, cât şi din punctul de vedere al facilităţilor software. Magistralele de adrese şi control sunt prevăzute cu buffere unilaterale, iar magistrala de date cu buffere bilaterale, sensul fiind stabilit de natura instrucţiunilor executate. Microprocesorul asigură gestiunea datelor, interogând periodic perifericele ce conţin informaţii despre turaţie şi despre unghiul clapetei (sarcină), în funcţie de rezultatele acestor citiri, formează adresele de memorie corespunzătoare, preluându-se din respectivele locaţii timpul de injecţie şi avansul la aprindere. Prin programul folosit, microprocesorul asigură controlul tuturor regimurilor de lucru al motorului (regim de pornire, regim economic, regim tranzitoriu).

Blocul de intrare. Acest bloc asigură citirea mărimilor de intrare în sistem. Poziţia clapetei de acceleraţie este codificată pe 6 biţi şi citită cu ajutorul traductorului de sarcină, informaţia fiind preluată de microprocesor prin intermediul unui circuit de intrare de tip 8212, folosind 6 biţi [9]. Sesizarea mişcării motorului se face citind semnalul divizat prin 2 de la ieşirea „domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere" a traductorului complex. Mişcarea motorului presupune modificarea valorii acestui bit. Valoarea bitului respectiv dă indicaţii microprocesorului despre sursa de unde poate prelua informaţia despre turaţia motorului (numărătorul activat).

Traductorul de sarcină. După cum s-a precizat în § 6.1, acest traductor este realizat optoelectronic, cu diode electroluminiscente şi fotodiode. Poziţia unghiulară a clapetei este citită în cod Gray de pe un cilindru în care s-au prevăzut fante corespunzătoare şi care este antrenat de către axul clapetei. Pe cilindrul codificat fantele au fost poziţionate avându-se în vedere şi pasul unghiular optim, pentru a se asigura o rezoluţie cât mai bună pe întreaga cursă a clapetei şi în special în domeniul valorilor de interes maxim. Partea electronică a acestui bloc cuprinde etaje de amplificare cu tranzistoare a semnalelor de la fotodiode, astfel încât, după formare, semnalele să fie compatibile cu sistemul. Traductorul codifică, pe cei 6 biţi, 64 valori discrete ale sarcinii motorului (poziţie unghiulară a clapetei de acceleraţie).

Traductorul complex

– *Turaţie.* Turaţia poate fi măsurată printr-un procedeu cu integrare în timp sau prin măsurarea continuă a perioadei. Pentru aprecierea cât mai aproape de timpul real, s-a adoptat metoda măsurării perioadei de rotaţie (se determină

Scanned with OKEN Scanner

de fapt jumătate din perioada de rotaţie a arborelui cotit). Pentru aceasta se foloseşte un bistabil ce divide prin 2 semnalul de la ieşirea de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere. Semnalul de ieşire din bistabil se aplică direct pe o poartă GATE a unui numărător programabil şi inversat pe altă poartă GATE a unei alte secţiuni de numărător programabil. În acest fel se poate măsura continuu T/2, astfel încât atunci când un circuit numără, celălalt este citit şi reiniţializat, iar, după încă o jumătate de rotaţie, rolurile se inversează. Folosind un tact de precizie ridicată, provenit de la un oscilator cu cuarţ, se poate aprecia exact perioada de rotaţie, deci turaţia.

– *Faze de lucru.* Informaţiile despre fazele de lucru sunt codificate pe 2 biţi în cod Gray. Prin decodificarea informaţiilor cuprinse în cei 2 biţi se stabileşte cilindrul aflat la un moment dat în faza de admisie. Aceste informaţii sunt utilizate la selectarea corectă a injectoarelor ce vor fi acţionate la momente precise.

– *Domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere.* Această informaţie este preluată prin citirea unui nivel (β) de pe cilindrul codificat. Semnalul furnizat de traductor este format din impulsuri la care frontul crescător apare când motorul este în poziţia unghiulară corespunzătoare avansului maxim la aprindere, iar frontul căzător apare pe avans zero. Deci, semnalul este în 1 logic atât timp cât motorul are o poziţie unghiulară ce corespunde domeniului de avans caracteristic (pentru toată plaja de condiţii de funcţionare). În acest interval de timp se poate aplica, funcţie de regimul de funcţionare al motorului, un impuls de aprindere cu avans determinat.

– *Punct mort interior.* Punctul mort interior, corespunzând avansului zero, este marcat de frontul căzător al impulsurilor de pe canalul β al traductorului complex.

Memoria program. Memoria program (EPROM 2ko) conţine programul de funcţionare a sistemului, precum şi o serie de tabele cu constante necesare prescrierii anumitor regimuri de funcţionare.

Memoria injecţie. Memoria injecţie (EPROM 2ko) cuprinde sub formă tabelată date despre durata timpului de injecţie. Adresarea se face funcţie de mărimile principale sarcină şi turaţie.

Memoria avans la aprindere. Memoria avans la aprindere (EPROM 4ko) cuprinde sub formă tabelată date despre întârzierea faţă de momentul avansului maxim la aprindere. Adresarea se face funcţie de mărimile principale sarcină şi turaţie. Dublarea capacităţii faţă de memoria injecţie a fost impusă de rezultatele experimentale (la stand), ce au pus în evidenţă o mai mare sensibilitate a motorului la controlul avansului la aprindere. Dublarea memoriei s-a făcut prin dublarea numărului de clase de turaţie (64 la avans faţă de 32 la injecţie). Partea de adresă referitoare la turaţie va avea în acest caz 6 biţi faţă de 5 biţi la adresarea memoriei de injecţie.

Timerul de control injecţie. Timerul de control injecţie este o secţiune a unui numărător programabil, utilizat ca numărător. Valoarea temporizării este

Scanned with OKEN Scanner

înscrisă de microprocesor în secţiunea respectivă a numărătorului programabil, pe baza datelor preluate din memoria injecţie, conform mărimilor principale turaţie-sarcină. Înscrierea valorii (declanşarea software) se face la trecerea prin punctul mort interior, sesizată prin schimbarea semnalului T/2. Iniţierea numărării se face software, numărătorul dând la ieşirea OUT corespunzătoare un impuls pe nivel zero logic de durată necesară deschiderii injectorului electromagnetic, conform regimului de funcţionare determinat.

Prescrierea manuală a dozajului suplimentar. După cum se cunoaşte, în faza de încălzire a motorului este necesar un dozaj mai bogat. Îmbogăţirea se poate face atât prin control manual, cât şi în mod automat (echivalentul şocului de la carburator). S-a adoptat soluţia (provizorie) a controlului manual, pentru a simplifica sistemul de control şi pentru a evita (într-o primă fază) probe de stand costisitoare (stand climatizat). Blocul conţine un monostabil declanşat la sfârşitul impulsului principal dat de timerul de control injecţie. Durata impulsului generat este controlată manual, prin intermediul unui potenţiometru fixat pe bordul automobilului.

Formarea impulsurilor de injecţie. În acest bloc se realizează sumarea impulsului principal de control al injecţiei, furnizat de timerul de control injecţie, cu impulsul (controlat manual) pentru dozaj suplimentar. Se obţine astfel un impuls de comandă pentru injectoare, de o durată corespunzătoare regimului termic şi al celui fixat de mărimile sarcină-turaţie.

Selectarea injectoarelor. Destinat selectării injectoarelor blocul primeşte la intrare următoarele semnale:

– impulsul de comandă a injectoarelor de la formatorul impulsurilor de injecţie;

– biţii de codificare a fazelor de lucru (de la traductorul complex);

– semnal de control al numărului de injecţii/ciclu (de la blocul microprocesor).

Pe baza acestor informaţii, impulsurile de comandă a injectoarelor sunt transmise către blocurile de comandă, păstrându-se sincronizarea comenzilor cu fazele de lucru ale motorului şi numărul de injecţii/ciclu necesar, conform regimului de funcţionare.

Comanda injectoarelor electromagnetice. Acest circuit cuprinde blocurile de comandă a injectoarelor electromagnetice având schema prezentată în § 5.2.

Timerul de control al aprinderii. Timerul de control al aprinderii este o secţiune a unui numărător programabil, utilizat în modul monostabil. Valoarea temporizării este înscrisă de către microprocesor în secţiunea respectivă a numărătorului programabil, pe baza datelor preluate din memoria de avans la aprindere. Monostabilul este declanşat (hardware, pe intrarea GATE) în momentul trecerii motorului prin poziţia corespunzătoare avansului la aprindere maxim. Semnalul de declanşare este furnizat de traductorul complex, secţiunea

Scanned with OKEN Scanner

de domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere. Timerul realizează o întârziere faţă de momentul corespunzător avansului maxim, astfel că sfârşitul temporizării marchează momentul corespunzător avansului dorit. Tactul folosit la acest timer provine de la oscilatorul cu cuarţ al sistemului. Perioada tactului este fixată printr-o divizare programată, funcţie de clasa de turaţie a motorului, astfel încât o perioadă să corespundă, în interiorul clasei de turaţie, unei variaţii a unghiului de avans de 0,3° (rotaţie arbore cotit). Factorii de divizare pentru obţinerea tactului de la timerul de control aprindere sunt tabelaţi în memoria program.

Cicuitul de comandă a aprinderii. Acest circuit are rolul de a forma impulsurile necesare funcţionării aprinderii. În primul rând se obţin impulsurile (pe nivel TTL), corespunzătoare avansului dorit şi avansului zero. Aceste impulsuri au durata constantă (1 ms) şi sunt furnizate de două monostabile. Un monostabil este declanşat de impulsul de la ieşirea timerului de control aprindere, la sfârşitul temporizării, obţinându-se impuls de control aprindere cu avans prescris, iar al doilea monostabil este declanşat pe avans zero de către semnalul de ieşire din traductorul complex (ieşirea punct mort interior). Cele două impulsuri sunt mixate, obţinându-se o pereche de impulsuri pentru fiecare „timp" aprindere. În acest mod se obţin performanţe superioare în aprinderea şi arderea amestecului carburant. În faza de pornire, pentru a evita dificultăţile rezultate din turaţiile scăzute şi mişcarea neuniformă a motorului, impulsul de avans prescris este suprimat (prin metode software), rămânând doar impulsul corespunzător avansului zero. Semnalele astfel obţinute sunt amplificate în tensiune şi putere şi aplicate unei instalaţii de aprindere electronică de tip industrial. Semnalul de ieşire din circuit se aplică bobinei de inducţie.

Bobina de inducţie şi distribuitorul. Aceste elemente provin din echipamentul electric clasic de aprindere al automobilului. Înalta tensiune din secundarul bobinei de inducţie este transmisă la bujii prin intermediul distribuitorului de înaltă tensiune (sistem rotor - capac distribuitor).

Circuitele auxiliare. Aceste circuite au rolul de a furniza anumite semnale necesare bunei funcţionări a sistemului: semnale de clock, provenite de la un oscilator cu cuarţ de 4 MHz. Prin divizări adecvate se obţin toate secvenţele de tacte de comandă necesare. De asemenea este prevăzut un circuit de reset care asigură iniţializarea sistemului la stabilirea alimentării. Necesarul de tensiune continuă pentru alimentarea montajului este asigurat de o sursă de 5V/2A.

6.2.3. Blocul microprocesor

Schema electrică a blocului microprocesor este prezentată în fig. 6.5.

În schemă se prezintă modul în care microprocesorul MP (Z80) este conectat cu restul sistemului prin intermediul magistralelor. Astfel, magistrala

Scanned with OKEN Scanner

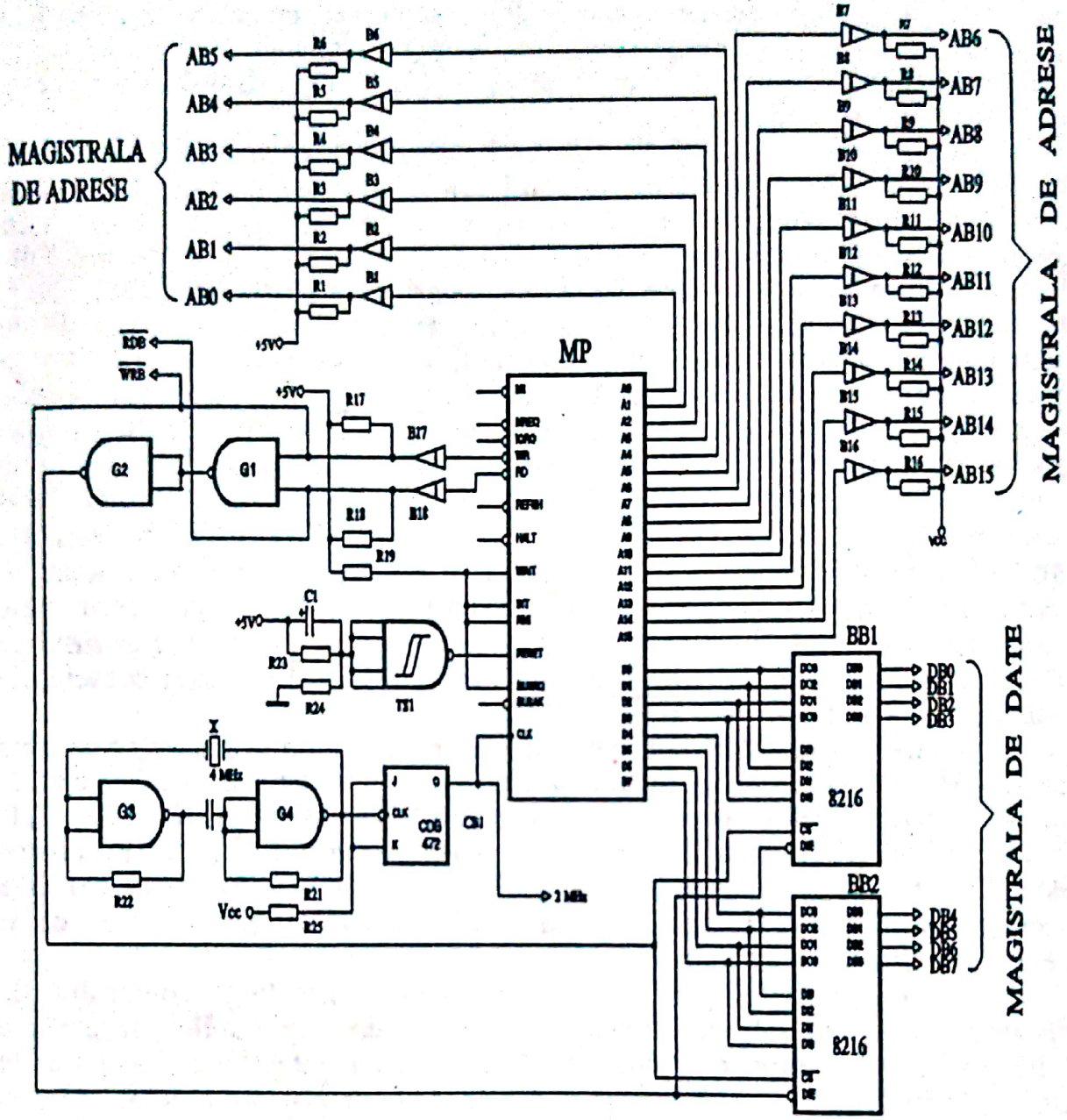


Figura 6.5

de adrese (unidirecţională), plecând de la ieşirile A0,A1,...,A15, este prevăzută cu bufferele B1,...,B16 (CDB 407), de tip cu colector în gol, ceea ce necesită şi conectarea rezistenţelor R1,...,R16. Semnalele bufferate sunt utilizate în restul sistemului şi identificate prin liniile de adresă AB0, AB1,...,AB15.

Din analiza schemei se observă că microprocesorul nu lucrează în întreruperi, în proceduri DMA sau cu operaţiuni IN/OUT. Din acest motiv, ieşirile de pe magistrala de control $\overline{\text{BUSAK}}$, $\overline{\text{MREQ}}$, $\overline{\text{IORQ}}$, $\overline{\text{RFSH}}$, $\overline{\text{M1}}$, $\overline{\text{HLT}}$ nu sunt conectate. De asemenea, intrările de control neutilizate $\overline{\text{INT}}$, $\overline{\text{NMI}}$, $\overline{\text{BUSRQ}}$ sunt permanent conectate la +5 V prin rezistenţa R19 (se evită blocarea funcţionării microprocesorului ce apare dacă intrările sunt lăsate în

Scanned with OKEN Scanner

aer). Din toate semnalele de control se folosesc numai semnalele de citire $\overline{RD}$ şi de scriere $\overline{WR}$ (semnale de control de ieşire). Semnalele sunt transmise în restul sistemului prin intermediul bufferelor B18, B17 (CDB 407), completate cu rezistenţele de colector R18, R17.

Magistrala de date bilaterală este controlată cu ajutorul bufferelor bilaterale BB1, BB2 (tip 8216). În configuraţia din schemă, pinii DI, DO ai circuitelor BB1, BB2 se leagă împreună la câte un pin de date D al microprocesorului, conectarea la magistrala de date fiind asigurată de pinii DB. În acest fel, magistrala de date spre sistem cuprinde 8 biţi notaţi DB0,..,DB7. Bufferele bilaterale sunt de tipul tri-state, activarea lor fiind asigurată de aplicarea unui semnal zero logic la intrările $\overline{CS}$. Activarea este necesară atât în operaţia de citire, cât şi în operaţia de scriere, astfel încât semnalul necesar pentru selecţie se obţine pornind de la semnalele $\overline{RDB}$ şi $\overline{WRB}$, supuse unei operaţiuni logice AND realizată cu porţile G1, G2 (CDB 400). Când apare un schimb de date între microprocesor şi sistem, una din ieşirile $\overline{RDB}$ sau $\overline{WRB}$ trece în zero logic, astfel că intrările de selecţie $\overline{CS}$ activează bufferele BB1, BB2. Sensul de circulaţie al informaţiei este stabilit de nivelul logic al semnalului aplicat la intrarea $\overline{DIEN}$ a bufferelor. Un semnal zero logic stabileşte sensul de la microprocesor către sistem, iar un nivel 1 logic sensul de la sistem către microprocesor. Din acest motiv, pinii $\overline{DIEN}$ sunt conectaţi la semnalul de control scriere $\overline{WRB}$.

Intrarea de tact Φ a microprocesorului primeşte un semnal cu frecvenţa de 2 MHz, provenit de la un oscilator cu cuarţ. Oscilatorul este realizat cu ajutorul inversoarelor (porţi) G3, G4 (CDB 400), rezistenţele R20, R21, condensatorul C2 şi cristalul de cuarţ X (4 MHz). Semnalul de la acest oscilator este divizat prin 2 cu ajutorul bistabilului CB1 (CDB 472), la ieşirea Q a acestuia obţinându-se frecvenţa de 2 MHz utilizată atât de microprocesor cât şi de alte circuite ale sistemului.

Iniţializarea microprocesorului (anularea conţinutului contorului de program) este asigurată de un semnal de nivel zero logic aplicat la intrarea $\overline{RESET}$. Resetul automat la punerea sub tensiune a montajului este asigurat de circuitul cu triggerul Schmitt TS1 (CDB 413), rezistenţele R23, R24 şi condensatorul C1. La punerea sub tensiune a montajului condensatorul este descărcat, ceea ce asigură la intrarea TS1 nivel 1 logic, iar la ieşire se obţine nivel zero logic (ce asigură resetarea microprocesorului). Pe măsură ce condensatorul C1 se încarcă, nivelul semnalului de intrare scade şi la un moment dat devine mai mic decât pragul Schmitt. În acest moment triggerul comută şi la ieşire apare nivel 1 logic. Din acest moment microprocesorul începe să funcţioneze, cu contorul de program de la valoarea zero.

6.2.4. **Decodificatorul de adrese**

Sistemul de control funcţionează cu toate perifericele în spaţiul memoriei. Având în vedere complexitatea montajului s-a adoptat soluţia adresării decodificate. Schema decodificatorului este prezentată în fig. 6.6.

Scanned with OKEN Scanner

Decodificatorul de adrese utilizează un circuit D1 de tip BCD – zecimal (CDB 442). Se decodifică 3 biţi cei mai semnificativi ai magistralei de adrese AB13, AB14, AB15, conectaţi la intrările A, B, C. Intrarea D este conectată la masă. Prin urmare se decodifică complet 3 biţi, ceea ce permite apariţia a 8 semnale de control la ieşirile 0, 1, ..., 7. Semnalele de ieşire, active pe zero logic, sunt folosite la selecţia diferitelor circuite din sistem. Semnalele obţinute sunt notate $\overline{CS0}$, $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$, $\overline{CS3}$, $\overline{CS4}$, $\overline{CS5}$, $\overline{CS6}$ şi CONTROL NR.INJ/CICLU.

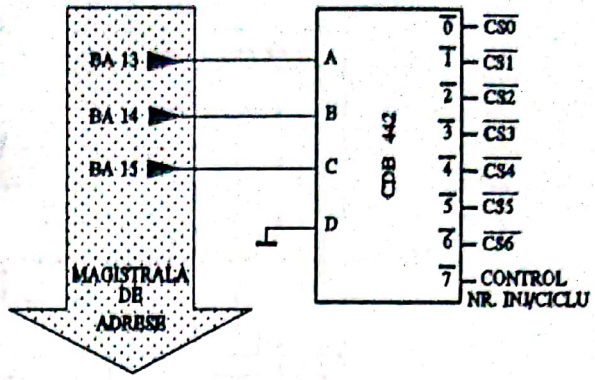


Figura 6.6

Din modul de funcţionare al decodificatorului de adrese, rezultă că spaţiul memoriei a fost împărţit în 8 zone de 8 ko.

6.2.5. Memoria ROM a sistemului

Necesarul de memorie ROM a sistemului este de 8 ko, repartizat după cum urmează:

– memoria program – 2 ko;
– memoria injecţie – 2 ko;
– memoria avans la aprindere – 4 ko.

Circuitul de memorie ROM este prezentat în fig. 6.7.

Pentru realizarea memoriei se utilizează patru capsule de memorie EPROM tip 2716 (2 ko) M1, M2, M3, M4. Cele patru capsule sunt selectate cu ajutorul semnalelor de la decodificatorul de adrese $\overline{CS0}$ (memoria program), $\overline{CS1}$ (memoria injecţie) şi $\overline{CS2}$, $\overline{CS6}$ (memoria avans la aprindere).

Transferul datelor din memorie este asigurat de magistrala de date a sistemului, pe liniile de date DB0, ..., DB7. De pe magistrala de control se utilizează numai semnalul de citire $\overline{RDB}$.

Selectarea unei anumite locaţii de memorie din capsula activată la un moment dat se face de pe liniile magistralei de adrese.

Se observă modul în care se conectează pinii de adresă ai circuitelor integrate (A0,...,A11) la magistrala de adrese:

– pentru circuitul M1:A0-AB0, A1-AB1, A2-AB2, A3-AB3, A4-AB4, A5-AB5, A6-AB6, A7-AB7, A8-AB8, A9-AB9, A10-AB10, A11-AB11;
– pentru circuitele M2, M3, M4: A0-AB0, A1-AB1, A2-AB2, A3-AB3, A4-AB4, A5-AB5, A6-AB8, A7-AB9, A8-AB10, A9-AB11, A10-AB12, A11-AB13.

Modul de conectare la magistrala de adrese a circuitelor M2, M3, M4 rezultă dintr-o particularitate software. Adresarea memoriei ROM pentru extragerea informaţiilor despre injecţie şi avans la aprindere se face cu ajutorul unui registru pereche. În octetul inferior este cuprins, pe biţii 0,..,5, codul

Scanned with OKEN Scanner

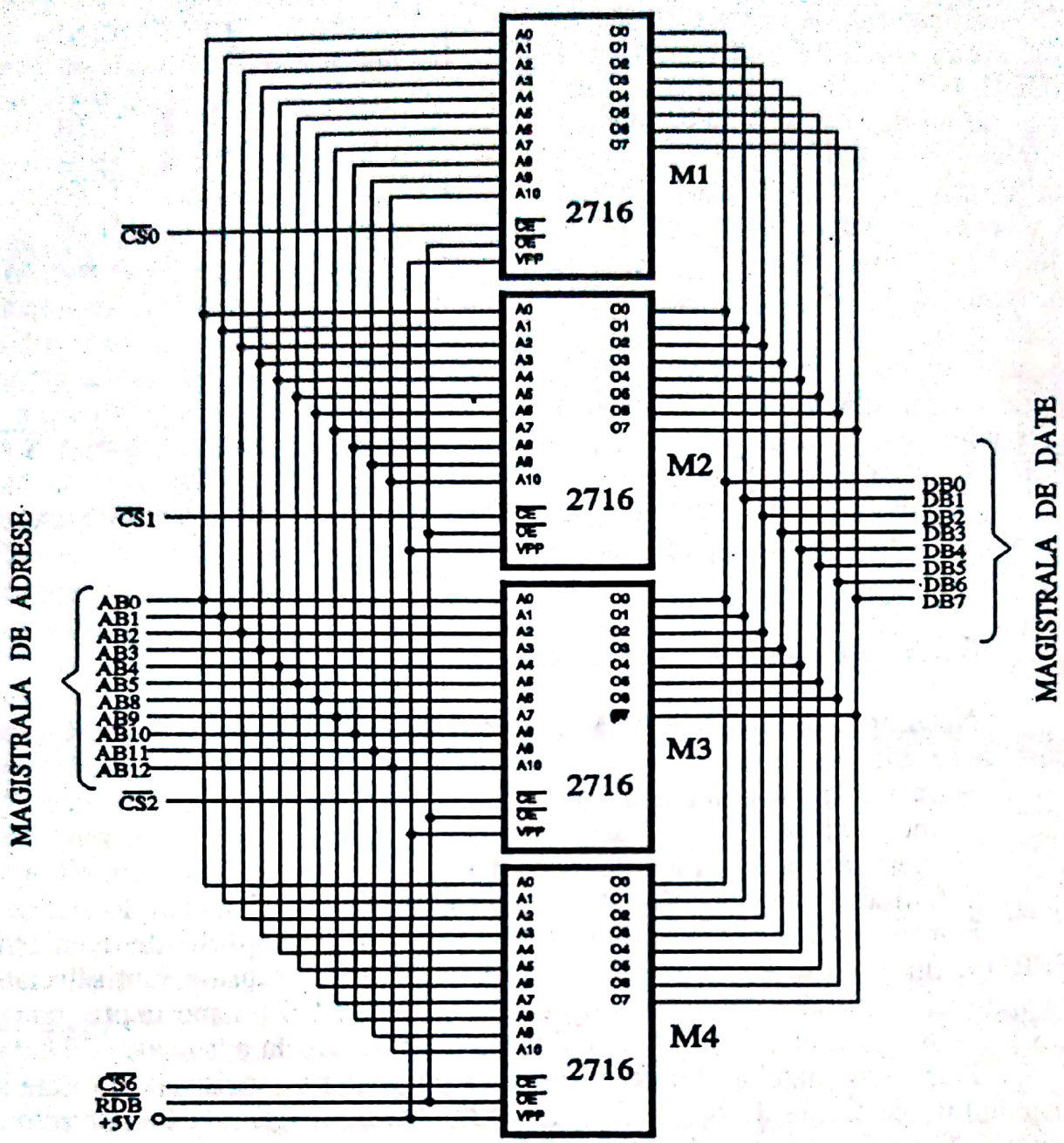


Figura 6.7

(binar natural) al clasei sarcinii motorului, iar în octetul superior, pe biţii 0,..,4, codul clasei de turaţie. În acelaşi octet, biţii 5,6,7 sunt folosiţi pentru selecţia memoriei (formarea semnalelor $\overline{CS}$). Conţinutul registrului pereche de adresare a memoriei este de următorul tip:

CCCT TTTT XXSS SSS unde C - bit pentru selecţie memorie; T - bit pentru clasa de turaţie a motorului; X - valoare indiferentă ; S - bit pentru codificarea sarcinii.

Acest mod de adresare aduce avantaje legate de viteza de lucru şi de simplitatea progamului (nu sunt necesare unele operaţiuni de rotire a registrelor).

Scanned with OKEN Scanner

Pentru buna funcţionare a circuitelor EPROM, pinii Vpp de la fiecare capsulă sunt conectaţi la +5 V.

Pentru adresarea memoriei de avans la aprindere s-a arătat că se folosesc coduri de 6 biţi pentru clasa de turaţie. Din formatul adresei prezentat mai sus rezultă că ar fi numai 5 biţi. În realitate al şaselea bit, de semnificaţie maximă, afectează partea de selecţie a memoriei, stabilind unul din cele două semnale de selecţie posibile $\overline{CS2}$ sau $\overline{CS6}$.

6.2.6. Circuitul timerelor

În circuitul timerelor se obţin practic toate semnalele necesare pentru controlul motorului (în timp real). Schema electrică a circuitului timerelor este prezentată în fig. 6.8.

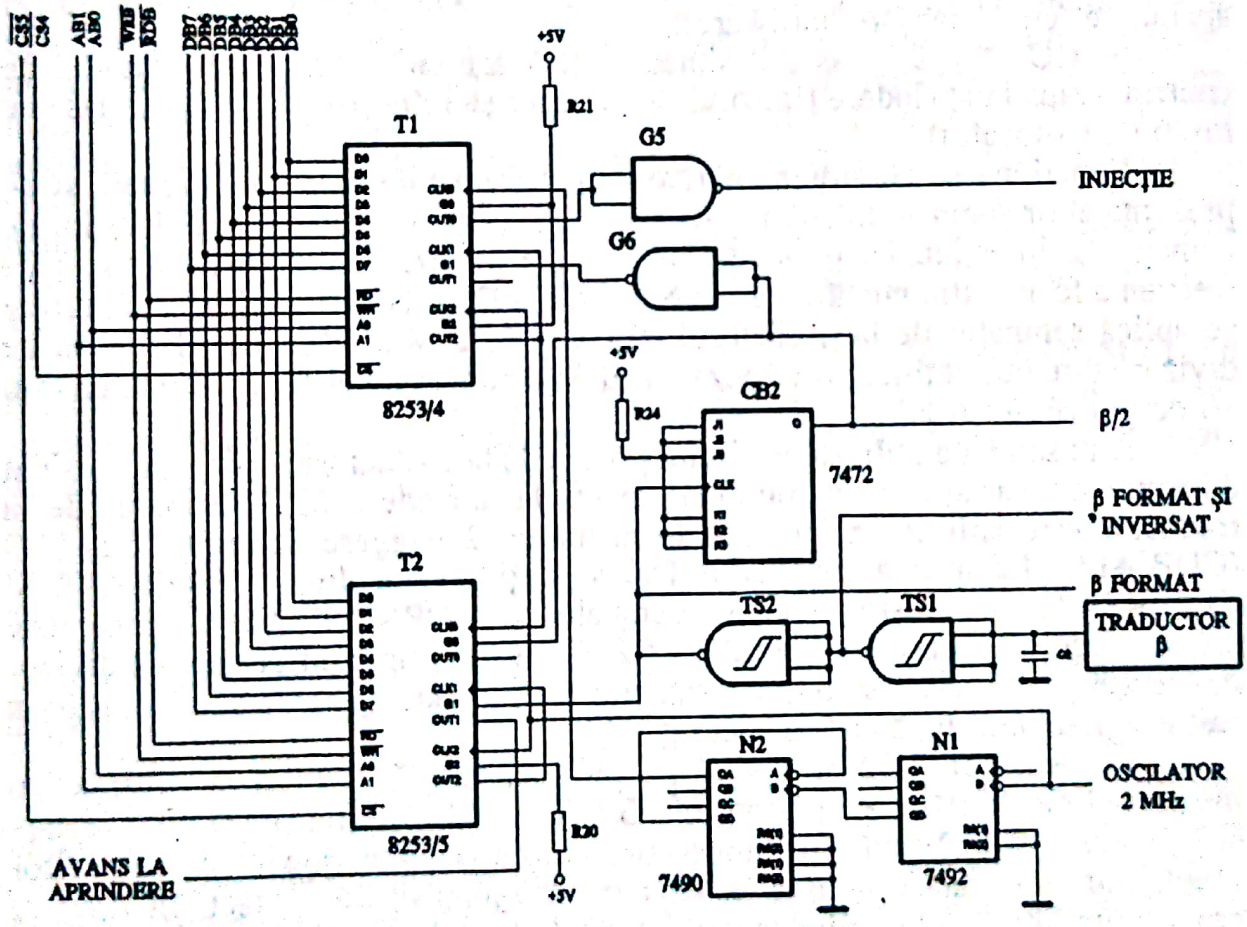


Figura 6.8

Elementele principale ale circuitului sunt numărătoarele programabile T1, T2 (tip 8253). Numărătoarele programabile sunt selectate cu ajutorul semnalelor $\overline{CS4}$ (T1) şi $\overline{CS5}$ (T2). Transferul informaţiilor se face prin intermediul intrărilor de date ale numărătoarelor (D0,...,D7). Adresarea uneia din cele trei secţiuni sau a registrului de control al numărătoarelor programabile este

Scanned with OKEN Scanner

asigurată de intrările de adresă A0, A1, conectate pe magistrala de adrese la liniile AB0, AB1. Întrucât cu ajutorul numărătoarelor programabile se fac operaţiuni de numărare şi de generare de semnale, se utilizează atât instrucţiuni de scriere cât şi de citire. Din acest motiv, intrările $\overline{RD}$, $\overline{WR}$ sunt conectate la magistrala de control pe liniile $\overline{RDB}$, $\overline{WRB}$.

Modul de utilizare al secţiunilor din cele două numărătoare programabile este următorul [9]:

• *numărătorul programabil T1:*

– COUNT 0 – numărător pe 8 biţi, control injecţie;

– COUNT 1 – numărător pe 8 biţi (16 biţi în faza de pornire), măsurare turaţie;

– COUNT 2 – astabil simetric, formare tact pentru măsurare turaţie.

• *numărătorul programabil T2:*

– COUNT 0 – numărător pe 8 biţi (16 biţi în faza de pornire), măsurare turaţie;

– COUNT 1 – monostabil, formare impuls pentru control avans la aprindere (cu declanşare hardware);

– COUNT 2 – astabil simetric, formare tact pentru monostabilul de control avans la aprindere (factorul de divizare se reînscrie, funcţie de clasa de turaţie a motorului).

Funcţionarea acestor numărătoare programabile este condiţionată şi de prezenţa altor semnale în circuit. Astfel, tactul pentru formarea impulsurilor de comandă a injecţiei, cu perioada 30 μs, este furnizat de circuitul divizor de frecvenţă format din numărătoarele N1 (CDB 492) şi N2 (CDB 490). La intrare se aplică semnalul de la oscilatorul cu cuarţ de 2 MHz (0,5 μs). Factorul de divizare este 60, obţinut prin divizarea cu 6 pe numărătorul N1 şi divizarea prin 10 pe numărătorul N2.

Alte semnale utilizate în circuit provin de la traductorul complex - ieşirea domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere (β). Semnalul de la traductor este aplicat unui circuit formator cu 2 triggere Schmitt TS2, TS3 (CDB 413). La ieşirea circuitului TS2 se obţine semnalul β- FORMAT ŞI INVERSAT, iar la ieşirea lui TS3, semnalul β- FORMAT. Acest semnal este aplicat circuitului basculant bistabil CB2 (CDB 472), în configuraţie de divizor de frecvenţă. La ieşire se obţine semnalul $\beta/2$. Aceste semnale sunt folosite în restul montajului după cum urmează:

– semnalul $\beta/2$ se aplică pe intrarea GATE 0 (T2) şi inversat cu inversorul G6 (CDB 400) pe intrarea GATE 1 (T1). Astfel, dacă pe o intrare GATE avem nivel 1 logic, secţiunea corespunzătoare funcţionând ca numărător (după cum s-a arătat) numără în sens invers impulsurile de tact, în timp ce cealată intrare GATE fiind la nivel zero logic, numărarea pe secţiunea corespunzătoare este inhibată. În această secţiune se pot efectua operaţiunile de citire a valorii perioadei de rotaţie (T/2) şi reiniţializare pentru o nouă măsurare. După schimbarea valorii semnalului $\beta/2$, cele două secţiuni îşi schimbă rolurile între ele;

– semnalul β FORMAT se aplică pe intrarea GATE 1 a circuitului T2. Secţiunea COUNT 1 a acestui numărător programabil funcţionează ca monostabil. Declanşarea monostabilului este asigurată de un front crescător

Scanned with OKEN Scanner

aplicat intrării GATE. Acest front, provenit de la impulsul de la traductorul complex, secţiunea domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere, apare în momentul în care motorul se află în poziţia unghiulară corespunzătoare avansului maxim la aprindere. Semnalul de control al avansului obţinut la ieşirea OUT 1 a circuitului T2 este notat AVANS LA APRINDERE. Pe durata cvasistabilă, monostabilul dă la ieşirea OUT 1 nivel zero logic. Sfârşitul impulsului va determina un front crescător ce va marca momentul avansului la aprindere prescris. Tactul pentru secţiunea COUNT 1 (T2), aplicat la intrarea CLK 1 (T2) provine de la ieşirea OUT 2 a numărătorului programabil T2. Această secţiune funcţionează ca astabil simetric, factorul de divizare fiind controlat de sistem, dependent de clasa de turaţie în care se încadrează funcţionarea motorului la un moment dat. Prin acest artificiu, o perioadă de tact corespunde, pe tot domeniul de turaţii al motorului, unui avans la aprindere de 0,3° de rotaţie arbore cotit (în mijlocul claselor de turaţie).

Controlul timpului de injecţie este asigurat de secţiunea COUNT 0 a numărătorului programabil T1. Această secţiune funcţionează ca numărător, tactul de numărare fiind aplicat la intrarea CLK 0. Declanşarea numărării se face software. Astfel, microprocesorul testează trecerea motorului prin punctul mort interior. În momentul în care s-a sesizat punctul mort interior, microprocesorul înscrie în secţiunea COUNT 0 (T1) valoarea timpului de injecţie (funcţie de parametrii sarcină-turaţie). După înscrierea valorii, ieşirea OUT 0 trece în zero logic, rămânând în această stare până la sfârşitul numărării. Impulsul necesar controlului injecţiei se obţine prin inversarea semnalului de la ieşirea OUT 0 (T1), cu ajutorul porţii G5. Impulsul (pe nivel 1 logic) apare la ieşirea notată INJECŢIE.

Semnalele AVANS LA APRINDERE, INJECŢIE, β FORMAT, β FORMAT ŞI INVERSAT, şi $\beta/2$ au o deosebită importanţă în funcţionarea sistemului de control, fiind elemente de bază pentru formarea semnalelor finale de comandă a elementelor de execuţie.

6.2.7. Circuitul de intrare

Circuitul de intrare permite citirea de către microprocesor a informaţiei despre sarcina motorului (6 biţi) şi despre rotaţia motorului (1 bit).

Schema electrică a circuitului de intrare este prezentată în fig. 6.9.

Elementul principal al circuitului este integratul P1 de tip 8212, utilizat în modul „intrare". Pinii de intrare DI1,..,DI6 folosesc la preluarea celor 6 biţi de la traductorul de sarcină, iar pinul de intrare DI7 primeşte semnalul $\beta/2$ (din circuitul timerelor). Ieşirile de date D0,...,D7 sunt conectate pe liniile DB0,...,DB7 ale magistralei de date. Intrarea DI8 nu este folosită. Activarea circuitului se face cu semnalul CS3 aplicat la intrarea DS1, momentul transferului de date spre microprocesor fiind controlat de semnalul de citire RDB de pe magistrala de control.

Cei 6 biţi de ieşire din traductorul de sarcină $\overline{S0G}$,..,$\overline{S5G}$ sunt sub forma unui cod Gray, cu valorile inversate. Pentru formarea semnalelor şi realizarea codului Gray (cu valori neinversate) se folosesc triggerele Schmitt

Scanned with OKEN Scanner

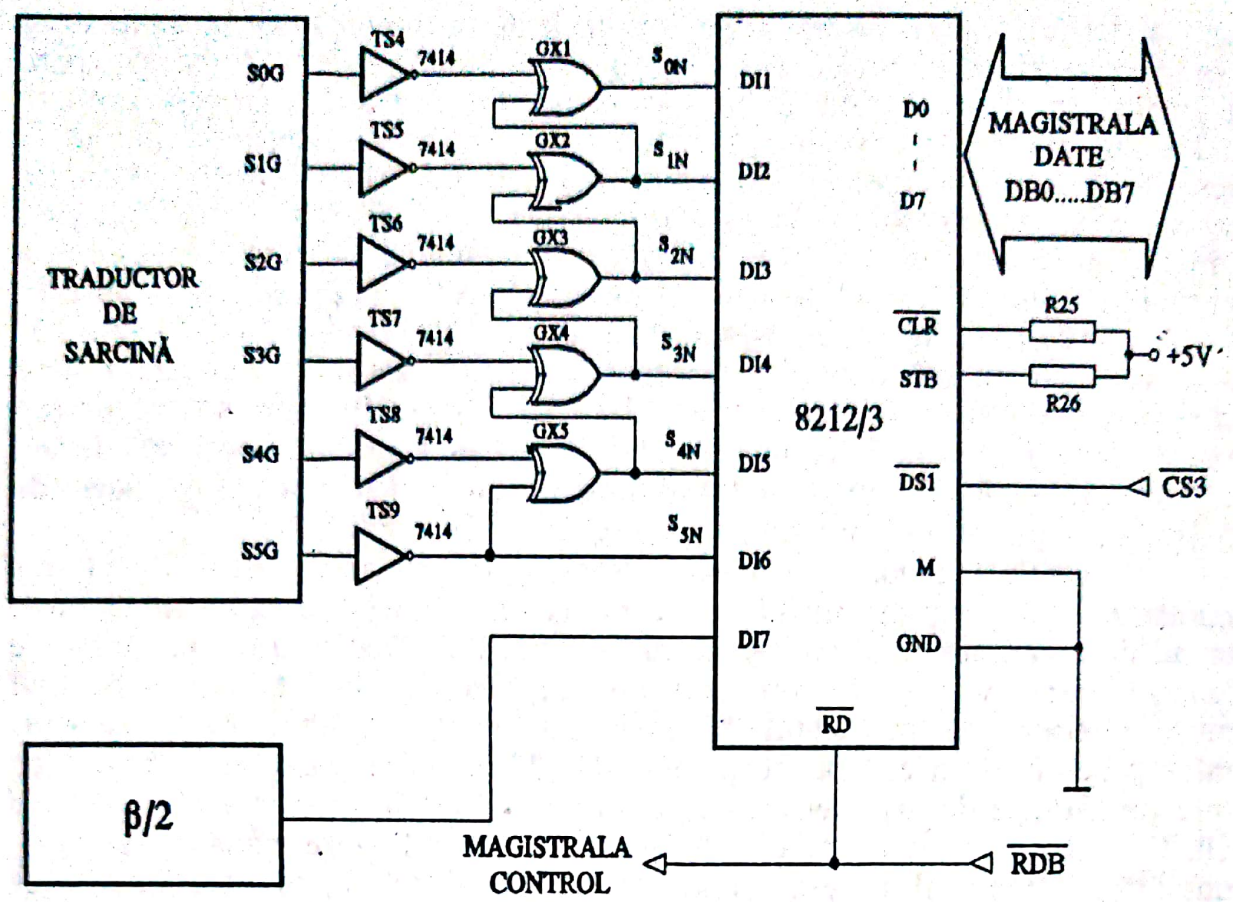


Figura 6.9

inversoare TS4,..,TS9 (SN 7414). Apoi, semnalele se aplică unui circuit de conversie de cod Gray - binar natural, realizat cu circuitele SAU EXCLUSIV GX1,...,GX6 (CDB 486). La ieşirea acestui convertor de cod se obţin 6 biţi, S0N,...,S5N, reprezentând în cod binar natural clasa de sarcină a motorului (poziţia clapetei de acceleraţie).

Semnalul $\beta/2$ este testat (în buclă) de microprocesor. O modificare a nivelului logic al acestui semnal are semnificaţia rotirii motorului. De asemenea, funcţie de valoarea semnalului $\beta/2$, microprocesorul stabileşte operaţiunile specifice ce trebuie efectuate cu secţiunile COUNT 1 (T1) şi COUNT 0 (T2) din circuitul timerelor, astfel încât să se extragă informaţia despre turaţia motorului (T/2) şi să se pregătească o nouă măsurare.

6.2.8. Circuitul de comandă a injecţiei

Circuitul pentru comanda injecţiei este prezentat în fig. 6.10.

Circuitul realizează următoarele funcţii:

– fixarea valorii finale a duratei impulsului de injecţie (prin îmbogăţirea suplimentară a amestecului în faza de încălzire a motorului, cu control manual);

– selectarea injectoarelor acţionate la un moment dat (conform fazelor de lucru ale motorului);

Scanned with OKEN Scanner

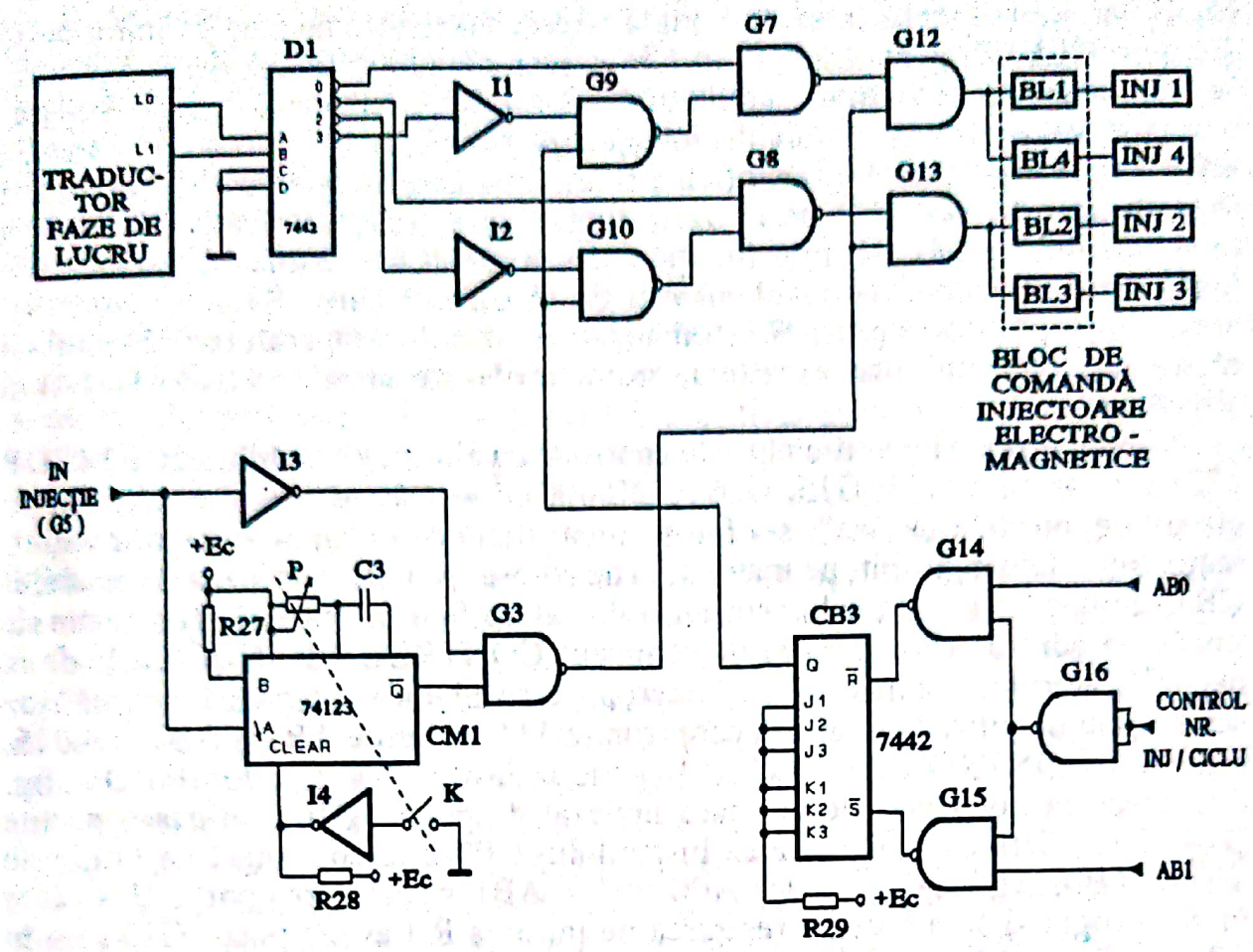


Figura 6.10

– controlul numărului de injecţii/ciclu (una sau două), funcţie de regimul de lucru al motorului.

Fixarea valorii finale a duratei impulsului este realizată cu circuitul format din monostabilul CM1 (CDB 4123), potenţiometrul P prevăzut cu întrerupătorul K, condensatorul C3, inversoarele I3, I4 (CDB 404), poarta G11 (CDB 400) şi rezistenţele R27, R28. Funcţionarea decurge după cum urmează: semnalul de intrare în această secţiune este INJECŢIE (de la ieşirea porţii G5 din circuitul timerelor, fig. 6.8). Monostabilul CM1 este declanşat pe frontul căzător al acestui impuls (intrarea A), deci după terminarea duratei de injecţie conforme cu valoarea citită din memoria injecţie pentru regimul termic stabilizat al motorului. Durata impulsului generat de monostabil este controlată cu ajutorul potenţiometrului P. Acest impuls suplimentar este sumat cu impulsul de injecţie principal cu ajutorul porţii G11. La intrările acestei porţi se aplică impulsul INJECŢIE inversat cu inversorul I3 şi impulsul de la ieşirea inversată $\overline{Q}$ a monostabilului CM1. La ieşirea porţii G11 apare impuls (pe nivel 1 logic), având durata egală cu suma duratelor impulsurilor de intrare. Pe măsură ce motorul se încălzeşte, impulsul suplimentar este redus ca durată, în final fiind chiar anulat. Acest lucru se realizează prin închiderea contactului K (antrenat de axul potenţiometrului). În acest fel, la intrarea inversorului I4 se aplică zero

logic, iar ieşirea trece la nivel 1 logic. Acest nivel este aplicat pe intrarea de ştergere CLEAR a monostabilului CM1, ceea ce inhibă funcţionarea acestuia. Ieşirea inversoare $\overline{Q}$ a monostabilului CM1 rămâne permanent la nivel 1 logic, validând trecerea semnalului de injecţie (principal) prin poarta G11. Pentru orice altă poziţie a axului potenţiometrului, contactul K este deschis, la ieşirea inversorului I4 apărând nivel zero logic, care aplicat intrării CLEAR a monostabilului CM1 permite funcţionarea normală a acestuia. Acest mod de lucru este echivalent cu şocul manual de la carburatoare. Evident, controlul dozajului suplimentar poate fi automatizat, funcţie de temperatura lichidului de răcire a motorului, dar aceasta necesită probe de stand costisitoare (stand climatizat).

Numărul de injecţii/ciclu este controlat cu ajutorul bistabilului CB3 (CDB 472) şi al porţilor G14, G15, G16 (CDB 400). Întrucât nu este prevăzut nici un circuit de interfaţă „ieşire", s-a folosit un artificiu de manipulare a informaţiei, la nivelul unui singur bit, pe magistrala de adrese. Astfel, se utilizează bistabilul CB3, comandat pe intrările asincrone de setare S şi resetare R, controlate de liniile de adresă AB0, AB1 şi de semnalul CONTROL NR.INJ/CICLU de la decodificatorul de adrese. Dacă microprocesorul dă o comandă „oarbă" de scriere sau de citire la o adresă care trimite 111 pe liniile AB13, AB14, AB15, semnalul CONTROL NR.INJ/CICLU (de la ieşirea 7 a decodorului D1, fig. 6.6) trece la nivel zero logic, care inversat de poarta G16, validează porţile G14, G15. Setarea sau resetarea bistabilului CB3 este controlată de liniile de adresă AB0, AB1. Astfel, dacă AB0 = 1 şi AB1 = 0, ieşirea porţii G14 trece în zero logic şi se activează resetarea pe intrarea R (ieşirea porţii G15 este în 1 logic. Dacă AB0 = 0, AB1 = 1, ieşirea porţii G15 trece în zero logic şi se activează setarea pe intrarea S (ieşirea porţii G14 este în 1 logic). Dacă AB13, AB14, AB15 diferă de 111, semnalul CONTROL NR.INJ/CICLU este la nivel 1 logic, la ieşirea porţii G16 apare nivel zero logic, porţile G14, G15 sunt inhibate, la ieşirile lor apare nivel 1 logic, dezactivâdu-se atât setarea cât şi resetarea bistabilului.

Prin urmare, funcţionarea acestei sectiuni se poate prezenta în mod concentrat, astfel:

1) AB15,AB14,AB13,...,AB1,AB0 = 111X XXXX XXXX XX10
   setare, Q = 1, două injecţii/ciclu;
2) AB15,AB14,AB13,...,AB1,AB0 = 111X XXXX XXXX XX01
   resetare, Q = 0, o injecţie/ciclu;
3) AB15,AB14,AB13,...,AB1,AB0 = 111X XXXX XXXX XX11
   situaţie nepermisă (acţionare simultană setare şi resetare);
4) AB15,AB14,AB13,...,AB1,AB0 = 111X XXXX XXXX XX00
   nici un efect (S = 1 şi R = 1);
5) AB15,AB14,AB13 diferit de 111 - funcţia de control a numărului de injecţii/ciclu este dezactivată.

Semnalul de la ieşirea Q a bistabilului CB3 se aplică pe câte o intrare a porţilor G9, G10 (CBD 400), permiţând controlul a unei sau a două injecţii/ciclu. Impulsurile de injecţie apar în concordanţă cu fazele de lucru ale motorului. Pentru aceasta se foloseşte decodificatorul D2 (CDB 442) de tip BCD - zecimal, ce primeşte pe intrările A, B biţii L0, L1 de la traductorul de

Scanned with OKEN Scanner

faze de lucru (din cadrul traductorului complex). Intrările C şi D ale decodorului sunt legate la masă, astfel că vor fi active, funcţie de biţii L0, L1, ieşirile $\overline{0}$, $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$. Injectoarele sunt comandate în grupe de câte două: *1* cu *4* şi *2* cu *3*. Semnalele de la ieşirile decodorului, corespunzând cilindrilor *4* (ieşirea 3), respectiv *3* (ieşirea 2), sunt inversate cu inversoarele I1, I2 (CBD 404) şi aplicate porţilor G9, G10. Având în vedere că decodorul D2 este activ pe nivel zero logic, rezultă că la ieşirile inversoarelor I1, I2 apare nivel 1 logic când este decodată una din fazele de lucru de admisie pe cilindrii *4* sau *3*. Semnalele se pot propaga prin porţile G9, G10, cu condiţia ca pe cealaltă intrare să fie nivel 1 logic (selectat modul de lucru cu două injecţii/ciclu). în acest caz la ieşirile porţilor G9, G10 apare nivel zero logic la decodificarea stărilor corespunzătoare admisiei pe cilindrul *4*, respectiv *3*. Dacă s-a selectat o injecţie/ciclu, ieşirea Q a bistabilului CB3 este în zero logic, semnalul respectiv inhibând porţile G9, G10, ale căror ieşiri trec la nivel 1 logic. Semnalele de la ieşirile porţilor G9, G10 se aplică porţilor G7, G8 (CDB 400), ce realizează o mixare a semnalelor de control. Poarta G7 primeşte semnale de la ieşirea $\overline{0}$ a decodorului D2 (corespunzător cilindrului *1* pe admisie) şi de la ieşirea porţii G9 (corespunzător cilindrului *4* pe admisie, condiţionat de modul de lucru cu una sau două injecţii/ciclu). Poarta G8 mixează semnalele de la ieşirea *1* (corespunzător cilindrului *2* pe admisie) şi de la ieşirea porţii G10 (corespunzător cilindrului *3* pe admisie, condiţionat de modul de lucru cu o injecţie sau două injecţii/ciclu). Având în vedere nivelul activ pe zero logic al intrărilor porţilor G7, G8, rezultă că ieşirile vor fi active pe nivel 1 logic. Sintetizând cele prezentate anterior, rezultă că pentru o injecţie/ciclu apar impulsuri pe durata fazei de admisie pe cilindrii *1* şi *2*, în timp ce pentru două injecţii/ciclu, impulsurile apar pe grupe, cilindrii *1* cu *4* şi *2* cu *3*. Aceste impulsuri, active pe 1 logic, validează porţile G12, G13 (CDB 400), completate pe ieşire cu inversoarele I5, I6 (CDB 404), realizând o structură de porţi AND. Porţile G12, G13 primesc, pe lângă semnalele de selecţie ale cilindrilor, impulsurile de injecţie propriuzise de la ieşirea porţii G11. În acest mod, ieşirile de la inversoarele I5, I6 furnizează impulsuri de injecţie distribuite spre blocurile de comandă injectoare electromagnetice BL1 ... BL4, în concordanţă cu fazele de lucru ale motorului şi regimul prescris al numărului de injecţii/ciclu. Semnalele din blocurile de comandă se aplică injectoarelor electromagnetice INJ1 ... INJ4, asigurând alimentarea cu benzină a motorului.

6.2.9. **Circuitul pentru comanda aprinderii**

Circuitul pentru comanda aprinderii prezentat în fig. 6.11 asigură formarea impulsurilor de destinate aprinderii amestecului carburant. Din modul de concepere a schemei se asigură perechi de impulsuri, un impuls pe avansul dorit, iar al doilea pe avans zero. Se îmbunătăţesc astfel performanţele de aprindere şi de ardere ale amestecului.

Impulsul pe avansul prescris se obţine cu ajutorul monostabilului CM2 (CDB 4123), prevăzut cu elementele de temporizare R30, C4, declanşat pe

Scanned with OKEN Scanner

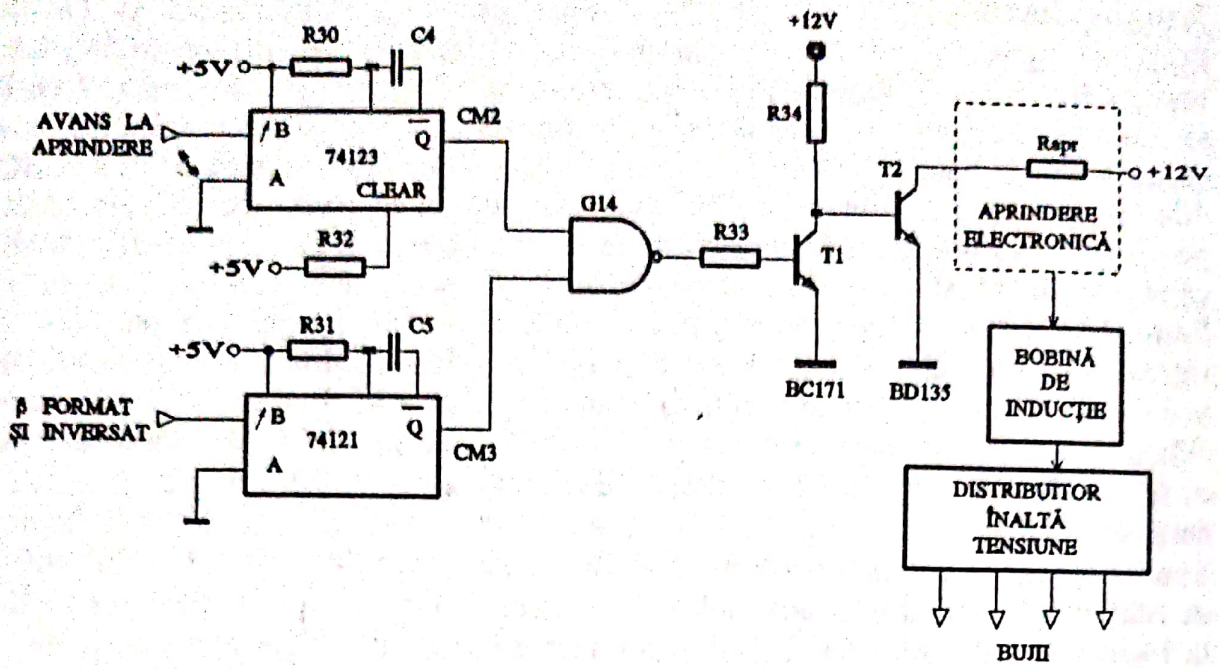


Figura 6.11

frontul crescător al impulsului de la ieşirea AVANS LA APRINDERE din circuitul timerelor (fig. 6.8). Impulsul pe avans zero este dat de monostabilul CM3, utilizând elementele de temporizare R31, C5, declanşat pe frontul crescător al semnalului β FORMAT ŞI INVERSAT, provenit din circuitul timerelor (fig. 6.8). Impulsurile de ieşire din monostabil au o durată de 1 ms şi sunt mixate cu ajutorul porţii G14 (CDB 400). Având în vedere că poarta este de tip NAND, impulsurile sunt preluate de la ieşirile inversate Q ale monostabilelor. La ieşirea porţii G14 apar impulsuri active pe nivel 1 logic cu durata de 1 ms, începând cu cele cu avansul dorit şi urmate de cele cu avans zero. Semnalul obţinut este amplificat în circuitul cu tranzistoarele T1 (BC 171), T2 (BD 135), rezistenţele R33, R34. Colectorul tranzistorului T2 este conectat la intrarea unei aprinderi electronice de tip industrial. În circuitul de intrare al aprinderii electronice este prevăzută o rezistenţă Rapr conectată la baterie (+12 V). Ieşirea aprinderii electronice comandă bobina de inducţie ce asigură înalta tensiune necesară producerii scânteilor. Înalta tensiune este transmisă către bujii cu ajutorul unui distribuitor de înaltă tensiune de tip clasic (capac distribuitor + rotor).

6.2.10. Sursa de alimentare

Sistemul electronic de control necesită o tensiune de alimentare stabilizată de +5 V. Consumul de curent este sub 2 A. Schema electrică a sursei de alimentare este prezentată în fig. 6.12.

Realizarea sursei utilizate pe automobil a ridicat probleme dificile din punctul de vedere al protecţiei împotriva perturbaţiilor, foarte puternice în cazul automobilelor cu motoare cu aprindere prin scânteie [54]. O primă filtrare este

Scanned with OKEN Scanner

asigurată de condensatorul C6 (10 000 μF). Sunt prevăzute şi bobinele de şoc RF L1 L2, realizate prin bobinarea pe bare de ferită ϕ10x100 a 60 spire de CuEm de 0,9 mm. Bobinele se conectează atât în circuitul bornei „calde", cât

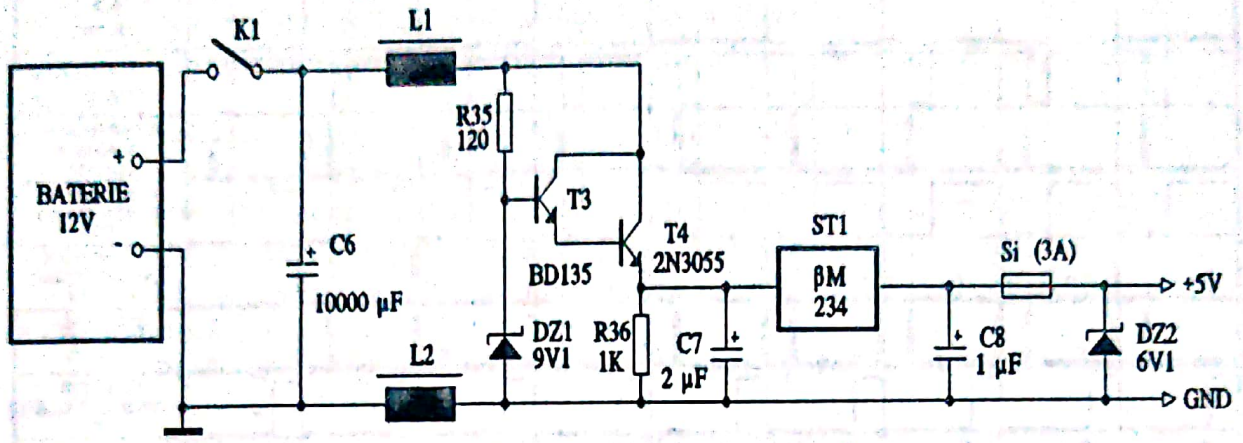


Figura 6.12

şi în circuitul de masă. Stabilizarea propriu-zisă se face în două trepte. În prima treaptă se utilizează stabilizatorul parametric R35-DZ1 (9V1), cu curent de ieşire mare asigurat de conexiunea Darlington T3 (BD 135), T4 (2N 3055) şi rezistenţa R36. La ieşirea din emitorul lui T4 se obţine o tensiune de aproximativ 8 V. Această tensiune este aplicată la intrarea unui circuit integrat stabilizator de tensiune ST1 (βM 234), prevăzut cu condesatoarele pe intrare C7 (2 μF) şi pe ieşire C8 (1 μF). La ieşire se obţine o tensiune bine stabilizată de +5 V. Acest mod de rezolvare asigură disiparea de putere pe două capsule (T4, ST1), evitându-se suprasolicitarea integratului ST1. Pentru protecţia sursei împotriva supracurenţilor se prevede siguranţa Si (3A). În cazul defectării sursei apare pericolul distrugerii circuitelor integrate din sistemul electronic (prin supratensiune). Pentru a evita acest neajuns s-a prevăzut protecţia cu dioda Zener DZ2 (6V2), care la depăşirea pragului Zener absoarbe un curent foarte mare, determinând distrugerea sa şi arderea siguranţei Si.

6.2.11. Diagrama de semnale a sistemului

O mai bună înţelegere a funcţionării sistemului electronic de control cu microprocesor poate fi asigurată şi de diagrama de semnale din fig. 6.13.

Sunt prezentate în dependenţa lor funcţională şi de timp semnalele de la traductorul complex, de la timerele pentru obţinerea semnalelor de control al aprinderii şi injecţiei, precum şi forma finală a semnalelor de control.

Diagrama este prezentată, din punct de vedere al controlului injecţiei, pentru situaţiile distincte ce pot apărea în timpul funcţionării, respectiv cu 1 injecţie/ciclu sau cu 2 injecţii/ciclu, corespunzător situaţiilor concrete în care se găseşte motorul la un moment dat.

Scanned with OKEN Scanner

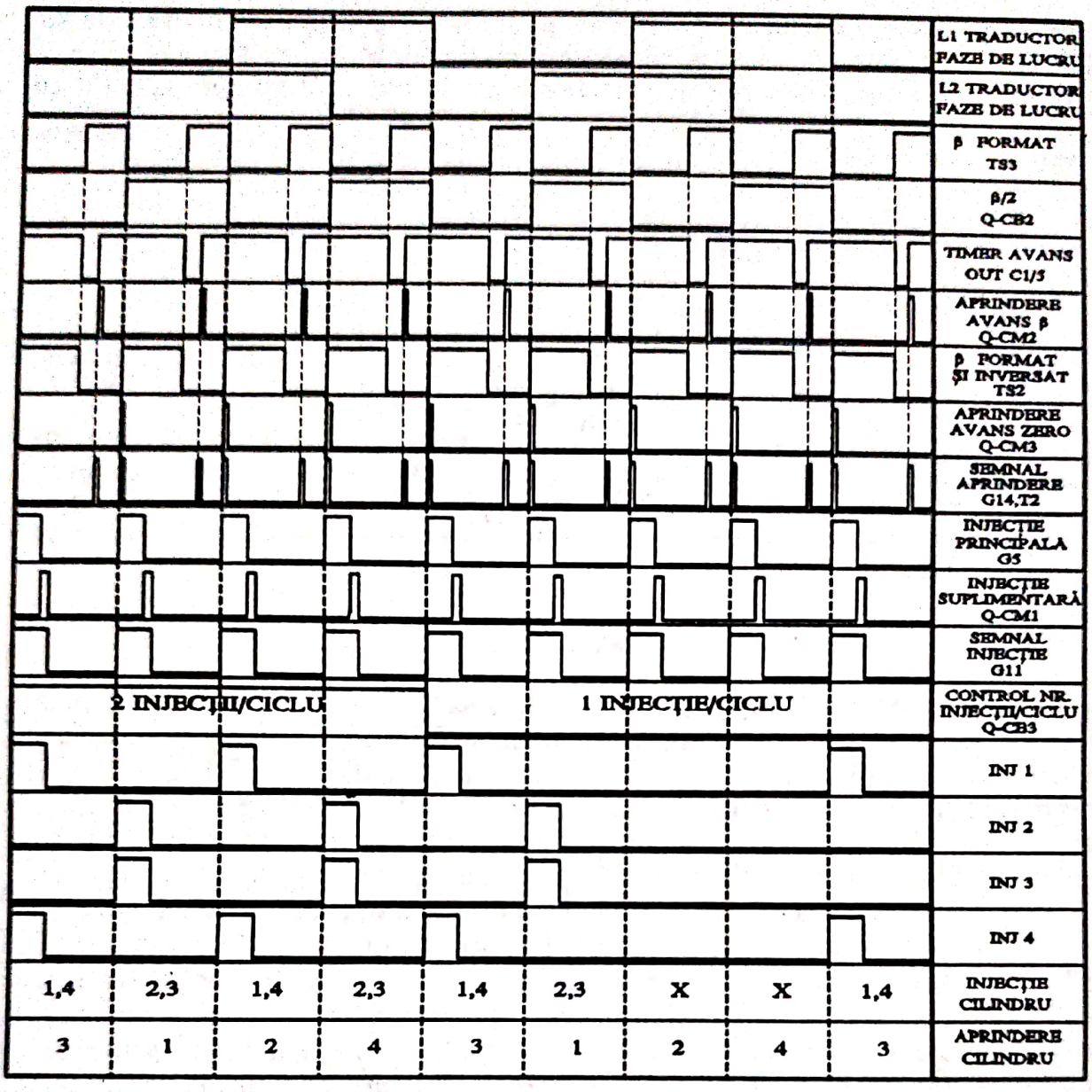


Figura 6.13

Diagrama de semnale a sistemului electronic cu microprocesor pentru controlul injecţiei de benzină şi al aprinderii este utilă şi la înţelegerea soft-ului utilizat.

6.3. SISTEM ELECTRONIC PENTRU CONTROLUL SECVENŢIAL AL INJECŢIEI ŞI AL APRINDERII

Probele efectuate la standul controlat cu calculator au pus în evidenţă avantajele injecţiei secvenţiale: consum redus, nivel scăzut de poluare, răspuns dinamic prompt. Toate acestea apar datorită adaptării mult mai bune a controlului injecţiei, corelat cu controlul aprinderii, la cerinţele reale ale motorului.

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza acestor concluzii s-a proiectat şi realizat practic un sistem microprocesor [15] care să realizeze următoarele funcţiuni:

– controlul individual al timpilor de deschidere pentru injectoarele electromagnetice;

– controlul momentului de începere a injecţiei (întârzierea faţă de trecerea prin p.m.i.);

– controlul unghiului de avans la aprindere;

– controlul numărului de injecţii/ciclu (una sau două, necesar la pornire);

– asigurarea unui amestec bogat pentru regimul de pornire;

– reglarea dozajului în faza de încălzire a motorului;

– suspendarea injecţiei de benzină pentru regimul de mers în gol forţat;

– durata constantă a impulsului de aprindere;

– selecţia electronică a cilindrului în care se injectează benzină şi a celui la care se transmite impuls de aprindere;

– măsurarea digitală a turaţiei motorului şi realizarea unei clasificări a rezultatelor astfel obţinute;

– măsurarea discretă (6 biţi) a poziţiei unghiulare a clapetei de aer;

– conversia A/D a mărimilor analogice de interes, necesară la măsurarea sarcinii motorului după depresiunea în galeria de admisie sau debitul masic de aer, temperaturilor şi presiunilor de corecţie;

– rezerve pentru implementarea şi a altor funcţii.

Din cele prezentate rezultă că sistemul trebuie să realizeze un ansamblu complex şi variat de funcţiuni, suficient de dezvoltat ca resurse hardware pentru a putea permite adaptări de fineţe la condiţiile reale de funcţionare (în trafic).

6.3.1. Schema-bloc a sistemului de control secvenţial

Pentru realizarea funcţiilor menţionate mai sus s-a utilizat un sistem pe baza microprocesorului Z 80, organizat conform schemei-bloc din fig. 6.14.

Conform acestei scheme rezultă următoarea grupare funcţională a blocurilor:

- blocul microprocesor;
- traductoare (de sarcină, complex, turaţie, auxiliare);
- memoria ROM (program, date control injecţie, date control avans, corecţii);
- bloc de intrare;
- circuite pentru controlul injecţiei;
- circuite pentru controlul aprinderii;
- convertor analog-digital;
- memoria RAM-static (volatilă, stocarea temporară a datelor necesare);
- circuite de semnalizare;
- circuite auxiliare (clock, reset, sursă de alimentare).

Funcţionarea conform acestei scheme-bloc rezultă dintr-o sumară prezentare a funcţiilor îndeplinte de fiecare circuit în parte.

Blocul microprocesor cuprinde microprocesorul Z 80, care, cu registrele sale interne (12 registre generale) asigură şi necesităţile de memorie de

Scanned with OKEN Scanner

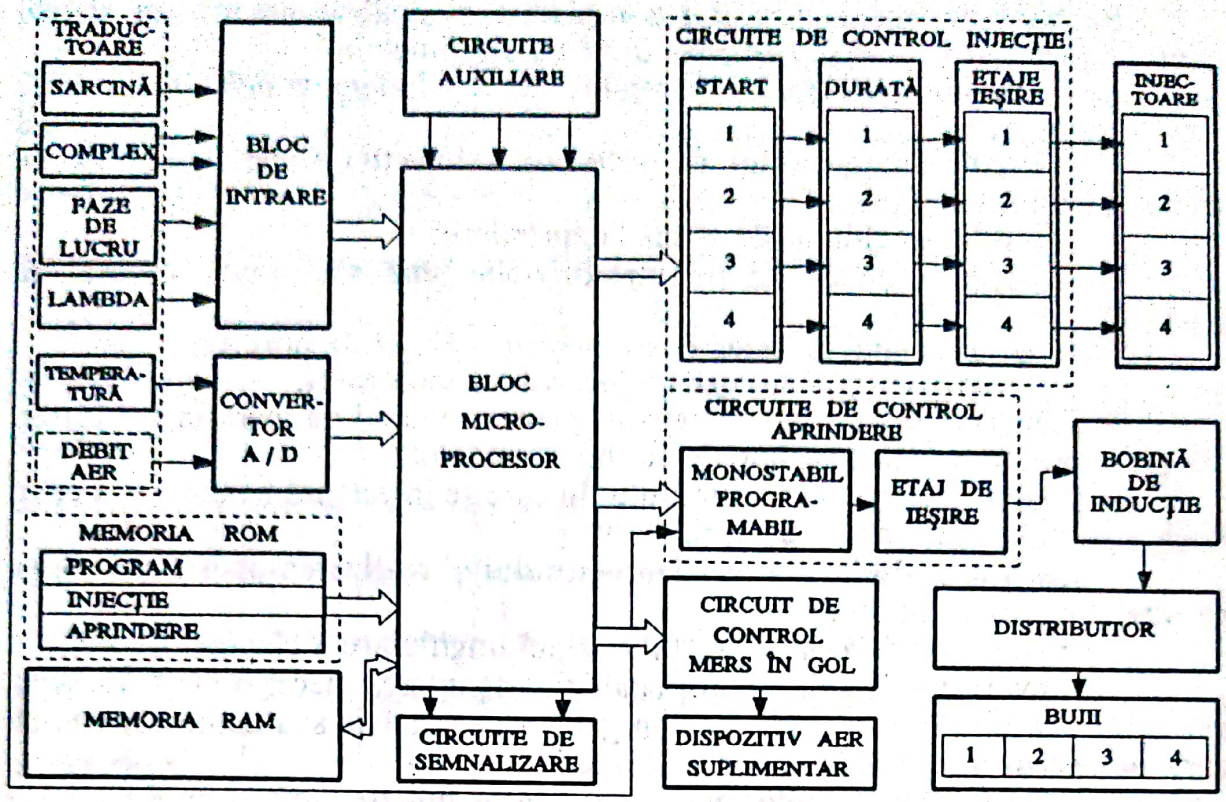


Figura 6.14

lucru. Magistralele de adrese şi control sunt prevăzute cu buffere unidirecţionale, iar magistrala de date cu buffere bidirecţionale, sensul fiind stabilit de natura instrucţiunilor executate.

Microprocesorul asigură gestiunea datelor, interogând periodic perifericele ce conţin informaţii despre turaţie şi sarcină (ca mărimi de intrare principale) şi pe baza datelor prelevate formează adresele de memorie corespunzătoare regimului de funcţionare respectiv, pentru a extrage din memorie valorile necesare bunei funcţionări a motorului (timp de injecţie şi avans la aprindere). Valorile preluate din memoriile de date sunt înscrise în timere de control adecvate. De asemenea, sunt citite valorile unor parametri necesari efectuării unor corecţii sau executării unor funcţii specifice.

Prin programul folosit se asigură controlul tuturor regimurilor de lucru ale motorului (pornire, stabilizat, economic, tranzitoriu).

Blocul de intrare asigură citirea mărimilor de intrare în sistem. La nivel de circuit se utilizează un integrat PIO 8255.

Poziţia clapetei de acceleraţie este codificată pe 6 biţi (conform construcţiei traductorului de sarcină), informaţia fiind preluată prin portul B (PB_{0-5}).

Mişcarea motorului se sesizează citind semnalul divizat prin 2 ($\beta_0/2$) de la ieşirea „domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere" a traductorului complex. Rotirea motorului presupune modificarea acestui semnal

Scanned with OKEN Scanner

(cuplat la bitul b_6 din portul B). Valoarea acestui bit indică sursa de unde se poate prelua informaţia despre turaţia motorului, respectiv secţiunea de numărător programabil 8253, lucrând în MOD 0, ce trebuie citită.

Sincronizarea sistemului cu fazele de lucru ale motorului se realizează prin citirea biţilor b_4 şi b_5 din portul C – 8255. Aceşti biţi (doi, pentru un motor cu 4 cilindri) codifică informaţia (în cod Gray) despre cilindrul aflat la un moment dat în faza de admisie. Informaţia este preluată de la traductorul de faze de lucru. Pe baza sa, microprocesorul formează adresa necesară a timerului de control a timpului de injecţie, în vederea înscrierii valorii corespunzătoare regimului de funcţionare a motorului.

Prin intermediul bitului b_6 din portul C – 8255 se transmite sistemului informaţia despre coeficientul excesului de aer λ din amestec, informaţie obţinută cu ajutorul traductorului lambda.

Portul A – 8255 lucrează în MOD 0, ca port de ieşire, asigurând în sistem semnalele „nr. injecţii/ciclu“ şi „injecţie pornire“. Biţii b_0, b_1, b_2 ai portului A sunt utilizaţi pentru selecţia intrării (multiplexate) a convertorului analog-digital.

Biţii rămaşi disponibili în portul A – 8255 pot fi utilizaţi pentru diverse semnalizări (de exemplu, semnalizare acustică la depăşirea unor parametri de stare ai motorului, cum ar fi temperatura lichidului de răcire).

În portul C – 8255, biţii b_0 ... b_3 sunt condiţionaţi cu ajutorul unor microswitch-uri care codifică pe 4 biţi varianta programului ce urmează a fi executată (8 variante de program de funcţionare + 8 programe de testare hardware). Aceste facilităţi sunt extrem de utile, atât în faza de dezvoltare, probe de cale, teste de comportare în conducere, cât şi în faza de produs, când se pot prevedea de exemplu programe de corecţie după cifra octanică a benzinei.

Traductorul de sarcină este de tip digital şi asigură citirea poziţiei (unghiulare) a clapetei de acceleraţie în cod Gray pe 6 biţi (64 clase). Valorile unghiulare de separare a diferitelor clase (materializate pe un cilindru codificat) au fost stabilite după un criteriu de optimizare, în sensul de a asigura o rezoluţie cât mai bună pe întreaga cursă a clapetei şi în special în domeniul valorilor de interes maxim.

Sarcina mai poate fi măsurată şi prin intermediul depresiunii în galeria de admsie sau a debitului masic de aer în admisie. Informaţiile primare despre aceste mărimi se obţin cu ajutorul unor traductoare de tip analogic şi sunt preluate de către sistem prin intermediul convertorului analog-digital.

Traductorul complex asigură mai multe funcţii necesare pentru extragerea unor informaţii esenţiale privind regimul de funcţionare a motorului. Se obţin informaţii despre următorii parametri:

– *Turaţie*. Turaţia este măsurată prin determinarea continuă a perioadei de rotaţie a motorului. Pentru o funcţionare cât mai apropiată de timpul real, s-a adoptat metoda măsurării unor eşantioane din perioada de rotaţie a arborelui cotit (a jumătăţilor). În acest scop se foloseşte un bistabil ce divide prin 2 semnalul de la ieşirea „domeniu de variaţie a unghiului de avans la aprindere“.

Scanned with OKEN Scanner

Semnalul de ieşire din bistabil se aplică direct pe o intrare GATE a unei secţiuni dintr-un numărător programabil 8253 (MOD 0) şi inversat pe intrarea GATE a unei alte secţiuni de numărător programabil (tot 8253, MOD0). Această soluţie permite măsurarea continuă a eşantioanelor (jumătăţilor) de perioadă de rotaţie T/2 ale motorului, întrucât atunci când un circuit numără (GATE = 1), celălalt este inhibat pentru numărare (GATE = 0), ceea ce permite citirea şi reiniţializarea sa. După încă o jumătate de rotaţie rolurile se inversează. Folosind un tact de precizie ridicată (oscilator cu cuarţ), se măsoară cu mare exactitate aceste eşantioane ale perioadei de rotaţie, deci se poate cunoaşte cu mare precizie turaţia motorului;

– *Domeniul de variaţie a unghiului de avans la aprindere.* Informaţia despre domeniul de variaţie a unghiului de avans la apridere este obţinută de la un traductor cu efect Hall ce sesisează trecerea unui plot feromagnetic. De fapt se utilizează doi ploţi, decalaţi la 180°, fixaţi pe volanta motorului, pe axa ce marchează (imaginar) punctele moarte interioare ale celor 4 cilindri. S-a ţinut seama că pentru un motor cu 4 cilindri în 4 timpi, un ciclu motor complet necesită 2 ture întregi, aprinderea apărând o dată la fiecare jumătate de rotaţie. Traductorul Hall este fixat pe carcasa ambreiajului, decalat unghiular faţă de axa punctului mort interior şi în avans (considerat după sensul de rotaţie al motorului), cu un unghi egal cu unghiul de avans maxim caracterisic motorului. Traductorul marchează, prin apariţia unui impuls scurt, trecerea motorului prin poziţia corespunzătoare avansului maxim la aprindere, β_{max}. Prin temporizări adecvate (dependente de turaţie) faţă de acest reper în timp, se poate fixa avansul la apridere dorit;

– *Punct mort interior.* Punctul mort interior este de asemenea sesizat cu ajutorul unui traductor Hall şi a doi ploţi feromagnetici fixaţi pe volanta motorului, aceeaşi folosiţi la traductorul de avans. Traductorul Hall este de această dată fixat pe carcasa ambreiajului pe axa corespunzătoare punctului mort interior. Fiind vorba de un motor 4 timpi – 4 cilindri, traductorul va furniza câte două impulsuri la fiecare tură de motor.

Traductorul de faze de lucru asigură un impuls la trecerea prin p.m.i. spre timpul *admisie* a cilindrului *1*.

Memoria progam, folosind un circuit EPROM de 2 ko, conţine programul de funcţionare a sistemului, programul de test, precum şi o serie de tabele cu constante necesare prescrierii anumitor regimuri de funcţionare.

Memoria injecţie, ce foloseşte de asemenea o capacitate EPROM de 2 ko, cuprinde sub formă de tabel informaţii despre valoarea timpului de injecţie. Adresarea se face în funcţie de parametrii sarcină şi turaţie.

Memoria avans la aprindere, având o capacitate (EPROM) de 4 ko, cuprinde sub formă de tabel date despre întârzierea necesară faţă de momentul avansului maxim la aprindere. Şi în acest caz adresarea se face funcţie de parametrii funcţionali turaţie şi sarcină. Dublarea capacităţii faţă de memoria injecţie a fost impusă de rezultatele experimentale, ce au evidenţiat o mai mare

Scanned with OKEN Scanner

sensibilitate a motorului la controlul avansului la aprindere. Dublarea memoriei s-a făcut prin dublarea numărului claselor de turaţie (64 faţă de 32 pentru memoria injecţie). Partea de adresă referitoare la turaţie va avea în acest caz 6 biţi în loc de 5.

Memoria volatilă (RAM) urmăreşte creşterea flexibilităţii sistemului. Deşi necesarul de memorie de lucru (când se lucrează fără corecţii, numai cu mărimile principale turaţie şi sarcină) ar fi acoperit doar de registrele interne ale microprocesorului, memoria RAM este utilă pentru situaţiile de fineţe, în care se folosesc programe specifice condiţiilor concrete de lucru ale motorului (temperatură, altitudine, particularităţi ale motorului etc.). Se utilizează RAM static de 1 ko, ce asigură o capacitate de memorie suficientă pentru cazul lucrului în întreruperi sau cu diferite subrutine, în această zonă a spaţiului de memorie organizându-se stiva.

Timerele de control injecţie sunt secţiuni ale unor numărătoare programabile 8253, în total 4, câte unul pentru fiecare cilindru al motorului. Valoarea necesară a timpului de injecţie este înscrisă la trecerea motorului prin punctul mort interior, conform cu fazele de lucru ale motorului. Timerele funcţionează ca monostabile şi sunt declanşate, faţă de trecerea prin p.m.i., cu o întârziere controlată şi bine determinată experimental.

Timerele întârziere injecţie au rolul de a asigura o întârziere bine determinată a momentului începerii injecţiei faţă de momentul trecerii motorului prin p.m.i.. Se utilizează 4 secţiuni de numărătoare programabile 8253, funcţionând ca monostabile, câte o secţiune pentru fiecare cilindru. Declaşarea monostabilelor este asigurată hard de semnale preluate de la traductorul de faze de lucru şi aplicate pe intrările GATE corespunzătoare. La sfârşitul temporizării astfel obţinute, pe pinul OUT al secţiunii respective apare un front crescător ce declanşează monostabilul (timerul) de control injecţie.

Circuitele de comandă injectoare electromagnetice au rolul de a forma semnalele necesare pentru a fi aplicate injectoarelor. S-a folosit soluţia (considerată cea mai bună) a lucrului cu curent stabilizat.

Timerul control aprindere realizează o întârziere, dependentă de parametrii funcţionali turaţie şi sarcină, faţă de momentul corespunzător trecerii motorului prin p.m.i., a momentului în care se comandă aprinderea amestecului (producerea scânteii). Se utilizează o secţiune de numărător 8253, funcţionând ca monostabil, declanşat de semnalul β_{max} de la traductorul de avans maxim la aprindere. Tactul necesar funcţionării monostabilului este preluat de la o altă secţiune de numărător programabil, ce formează impulsurile cerute prin divizarea adecvată a semnalului de precizie al unui oscilator cu cuarţ. Semnalul de la ieşirea OUT a secţiunii timerului de control aprindere este folosit pentru declaşarea unui circuit basculant monostabil, ce dă astfel un impuls la valoarea dorită a avansului la aprindere.

Scanned with OKEN Scanner

Circuitul de comandă aprindere ţine seama de anumite particularităţi ale funcţionării motorului. Astfel, în faza de pornire (până la depăşirea unei anumite turaţii) aprinderea se face cu avans fix (zero), cu o singură scânteie pe ciclu de aprindere. După pornire (depăşirea unui anumit prag de turaţie), aprinderea se face cu două scântei pe ciclu, prima scânteie fiind dată cu o valoare variabilă a avansului, dependentă de parametrii funcţionali ai motorului, cea de-a doua scânteie fiind dată pe avans fix (zero). Folosirea în regimul de mers normal al motorului a două scântei, declanşate în modul prezentat, îmbunătăţeşte aprinderea şi arderea amestecului, ameliorând performanţele de putere/consum. Scânteia corespunzătoare avansului zero este obţinută cu ajutorul unui circuit basculant monostabil declanşat de semnalul β_0 preluat de la traductorul de punct mort interior. Cele două impulsuri de aprindere sunt mixate şi folosite pentru comanda unei instalaţii de aprindere electronică, care asigură parametrii de putere şi tensiune necesari obţinerii scânteii electrice la bujii. Circuitul poate fi folosit şi cu distribuţie statică a aprinderii [24].

Bobina de inducţie are rolul (clasic) de a furniza înalta tensiune necesară producerii scânteii. Este comandată de aprinderea electronică din circuitul de comandă aprindere.

Distribuitorul de înaltă tensiune are rolul de a distribui înalta tensiune, dată de bobina de inducţie, la bujiile motorului.

Dispozitivul pentru controlul aerului suplimentar este de tip electromagnetic şi constă dintr-un sistem cu pistonaş ce controlează o secţiune de curgere a aerului. Poziţia pistonaşului, respectiv valoarea efectivă a secţiunii de curgere a aerului este dependentă de valoarea medie a curentului prin bobina dispozitivului. Dispozitivul este montat ca by-pass peste obturatorul circuitului de aer şi permite printr-un control (software) adecvat funcţionarea cu mers în gol stabilizat, chiar la variaţii între anumite limite ale încărcării motorului (de exemplu cu anumiţi consumatori din partea electrică: faruri, ştergătoare de parbriz etc.).

Circuitul de control aer suplimentar furnizează semnal sub formă de impulsuri de frecvenţă fixă şi cu factor de umplere variabil pentru controlul dispozitivului de control al aerului suplimentar. Prin modificarea factorului de umplere al impulsurilor se modifică valoarea medie a curentului prin bobina dispozitivului pentru controlul aerului suplimentar şi prin aceasta debitul de aer. Valoarea factorului de umplere este determinată de sistem, lucrând în buclă închisă (cu reacţie negativă după turaţie). Frecvenţa de lucru se fixează cât mai departe de frecvenţa de rezonanţă mecanică a dispozitivului pentru controlul aerului suplimentar.

Circuitul de măsurare a parametrului lambda asigură preluarea informaţiei privind starea amestecului (faţă de amestecul stoichiometric). Sensorul lambda se plasează în circuitul de evacuare, într-un loc care să asigure o temperatură peste 350°C necesară bunei funcţionări. Pentru amestecuri sărace

Scanned with OKEN Scanner

($\lambda > 1$) tensiunea dată de sensor are valori reduse, în timp ce în regiunea amestecului stoichiometric ($\lambda \approx 1$) tensiunea variază rapid şi capătă valori ridicate pentru amestecuri bogate ($\lambda < 1$). Informaţia de la acest circuit de măsurare este utilizată în cazul controlul lambda în buclă închisă (pentru reducerea nivelului emisiilor poluante, folosind catalizator cu trei căi şi benzină neetilată).

6.3.2. Schema electrică detaliată a sistemului de control

Se prezintă în continuare, în mod detaliat, elementele de circuit necesare realizării funcţiilor sistemului de control, aşa cum au rezultat din descrierea funcţionării conform schemei-bloc.

6.3.3. Blocul microprocesor

Schema electrică a blocului microprocesor este ilustrată în fig. 6.15.În figură se prezintă modul în care microprocesorul Z 80 este cuplat cu sistemul

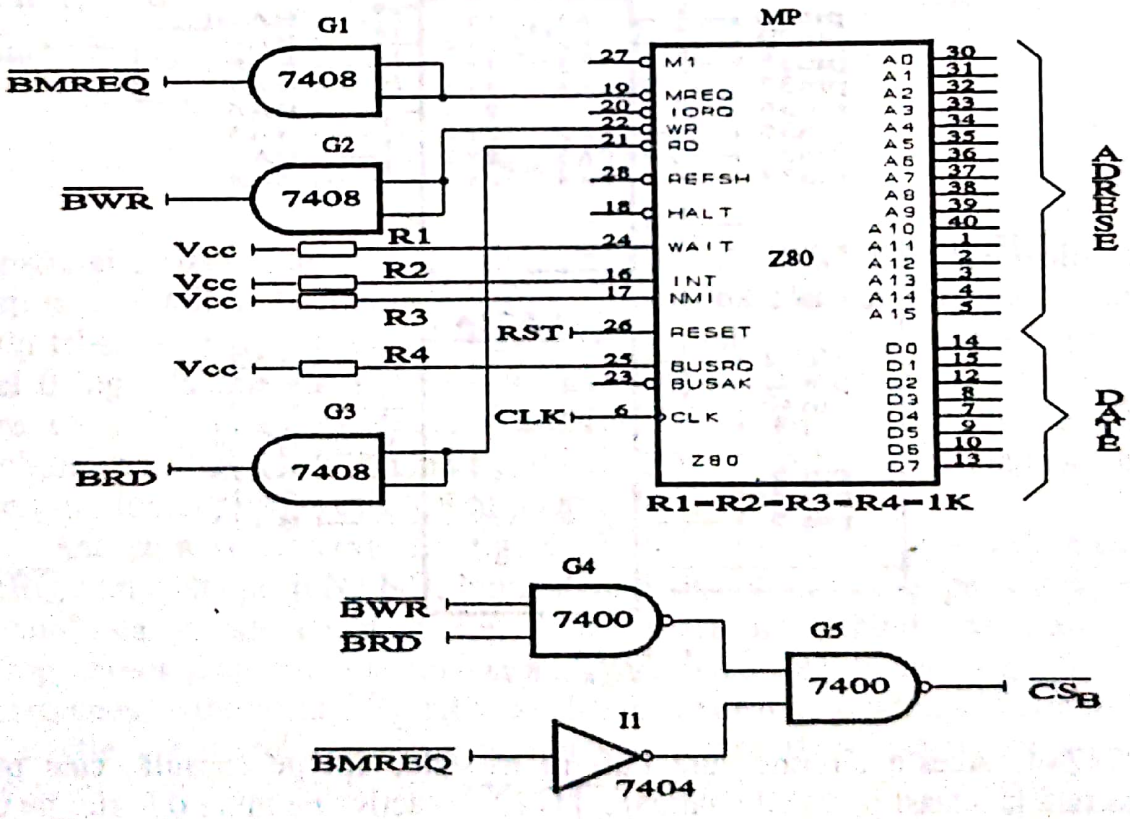


Figura 6.15

prin intermediul magistralelor [61]. Astfel, magistrala de adrese (unidirecţională), plecând de la ieşirile A0, A1, ... A15 ale microprocesorului, este prevăzută cu buffere de tip 74244 (două capsule). Semnalele astfel

Scanned with OKEN Scanner

condiţionate (bufferate) sunt utilizate în restul sistemului şi identificate prin liniile de adresă BA0, BA1, ...BA15.

Din analiza schemei se observă că microprocesorul nu lucrează în întreruperi, proceduri DMA sau operaţiuni IN/OUT. Aceste modalităţi de lucru rămân ca rezerve pentru eventuale dezvoltări ulterioare. Perifericele sunt „văzute" de microprocesor în spaţiul de memorie, cu toate avantajele ce decurg din acest mod de lucru. Din acest motiv, ieşirile de pe magistrala de control, cu excepţia $\overline{RD}$, $\overline{WR}$, $\overline{MREQ}$ nu sunt conectate. De asemenea, intrările de control $\overline{INT}$, $\overline{NMI}$, $\overline{BUSRQ}$, $\overline{WAIT}$ sunt permanent conectate la tensiunea de alimentare Vcc prin rezistenţe, evitându-se astfel blocarea funcţionării microprocesorului.

Semnalele de control $\overline{RD}$, $\overline{WR}$, $\overline{MREQ}$ sunt bufferate cu ajutorul a trei porţi AND (cu două intrări), obţinându-se semnalele $\overline{BRD}$, $\overline{BWR}$. $\overline{BMREQ}$ utilizate în restul sistemului.

Magistrala de date bilaterală este controlată cu ajutorul bufferelor bidirecţionale 8216 (două capsule).

În continuare se prezintă modul de legătură pentru bufferele de adrese şi date. În fig. 6.16 este ilustrată bufferarea adreselor cu ajutorul a două circuite

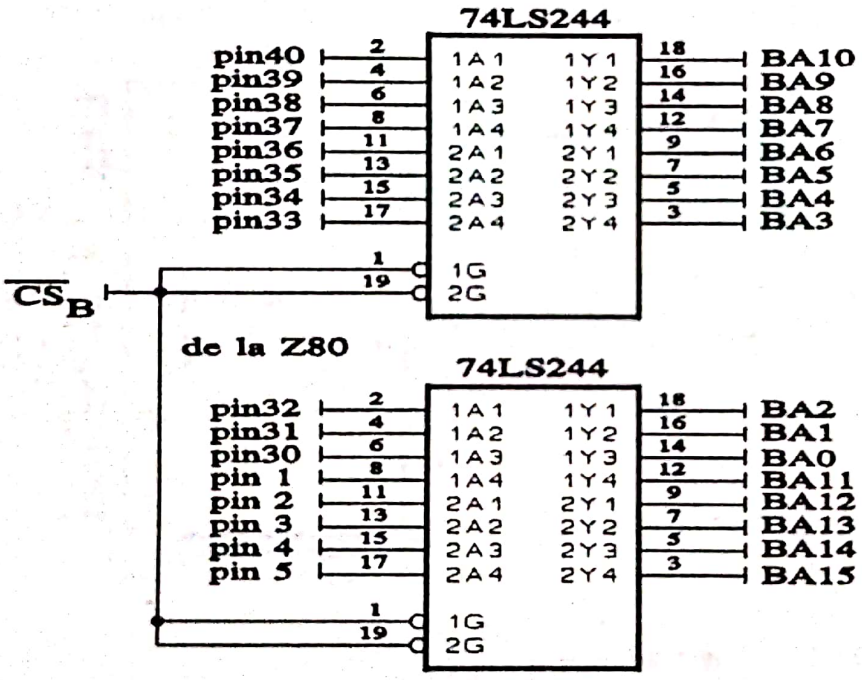


Figura 6.16

tip 74244. Aceste circuite sunt buffere tri-state, opt pe capsulă, câte patru conectate la aceaşi poartă de validare $\overline{1G}$ ($\overline{2G}$), activă pe nivel 0 logic, pe care se aplică semnalul $\overline{CS}_B$. Circuitele, nefiind de tip open-collector, nu necesită conectarea de rezistenţe din exterior, asigurând astfel o bună densitate de montaj.

Bufferarea datelor este prezentată în fig. 6.17. În configuraţia din schemă, pinii DI, DO ai circuitelor 8216 se leagă împreună la câte un traseu al

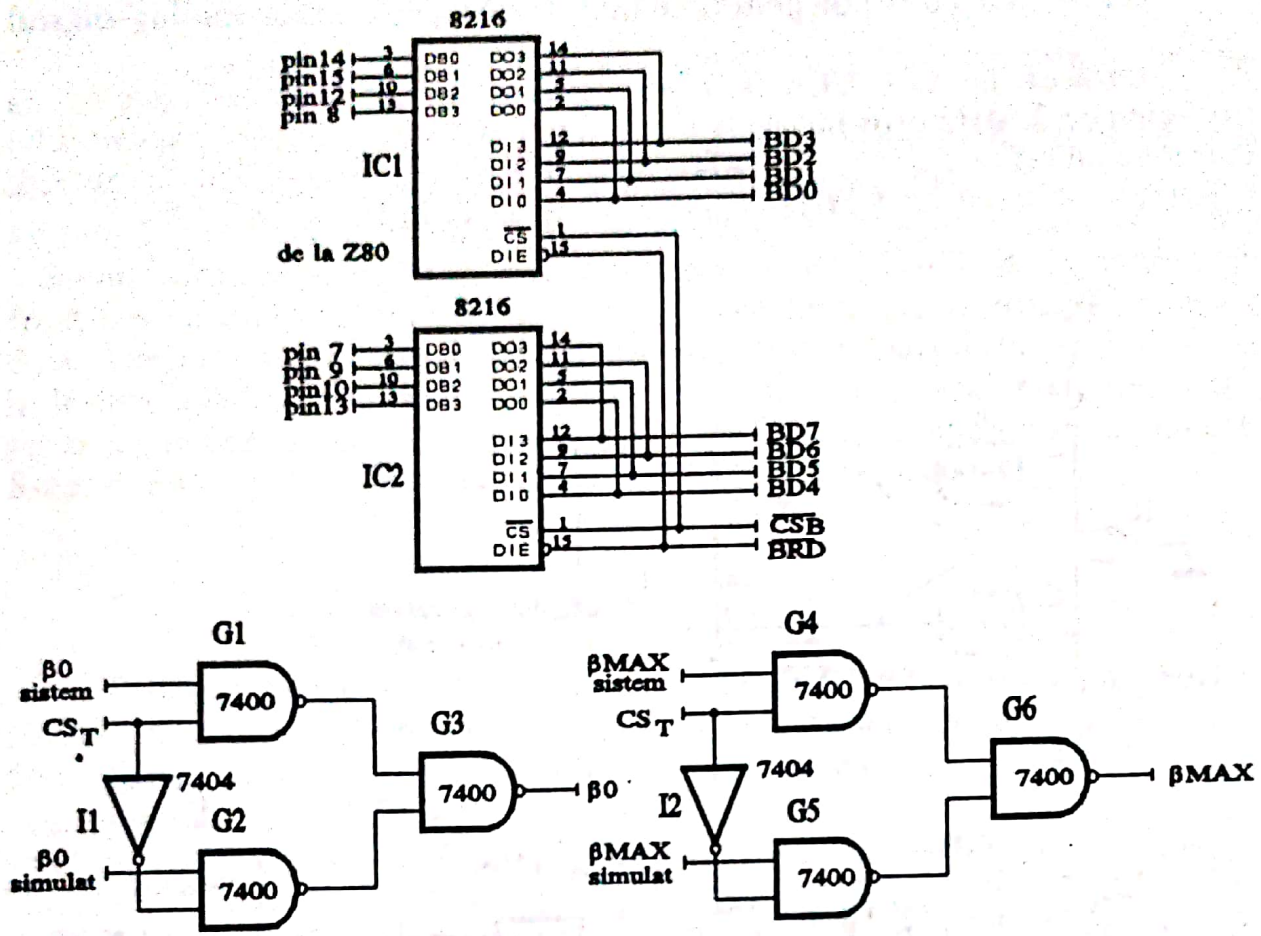


Figura 6.17

magistralei de date a microsistemului. Pinii de date ai microprocesorului sunt legaţi la pinii DB de la circuitele buffer. Circuitele 8216 sunt buffere bilaterale de tip tri-state, activarea lor fiind asigurată de aplicarea unui semnal activ pe nivel 0 logic la intrările $\overline{CS}$. Activarea este necesară atât în operaţiile de citire, cât şi în operaţiile de scriere, astfel încât semnalul pentru selecţie, $\overline{CS}_B$, se obţine pornind de la semnalele de control $\overline{BRD}$ şi $\overline{BWR}$, supuse unei operaţiuni logice AND realizată cu poarta G4 (7400).

Aşa cum se observă din fig. 6.15, $\overline{CS}_B$ se obţine prin validarea cu $\overline{MREQ}$ a unei alte porţi NAND, întrucât toate celelalte circuite (periferice) sunt „văzute" ca locaţii de memorie. Când apare un schimb de date între microprocesor şi sistem, una din ieşirile $\overline{BWR}$, $\overline{BRD}$ trece în zero logic, $\overline{MREQ}$ de asemenea, astfel încât $\overline{CS}_B$ activează bufferele de date şi adrese. Acest mijloc de selecţie a bufferelor măreşte imunitatea la perturbaţii electromagnetice a sistemului, lucru extrem de important pentru funcţionarea pe automobil.

Sensul de circulaţie a informaţiei (datelor) este stabilit de nivelul logic al semnalului aplicat la intrarea $\overline{DIEN}$ a bufferelor. Un semnal pe nivel zero logic stabileşte sensul de la sistem la microprocesor, iar un nivel unu logic, sensul invers. Din acest motiv, pinii $\overline{DIEN}$ sunt conectaţi la semnalul de control al citirii $\overline{BRD}$.

Scanned with OKEN Scanner

6.3.4. Circuitul de generare tact, timere, convertor analog-digital

Intrarea de tact CLK a microprocesorului primeşte un semnal cu frecvenţa de 2 MHz provenit de la un oscilator cu cuarţ. Circuitul oscilatorului cuprinde inversoarele I1 şi I2 (7404), rezistenţele R10, R9 şi condensatorul C5, precum şi un cuarţ de 4 MHz, aşa cum se prezintă în fig. 6.18.

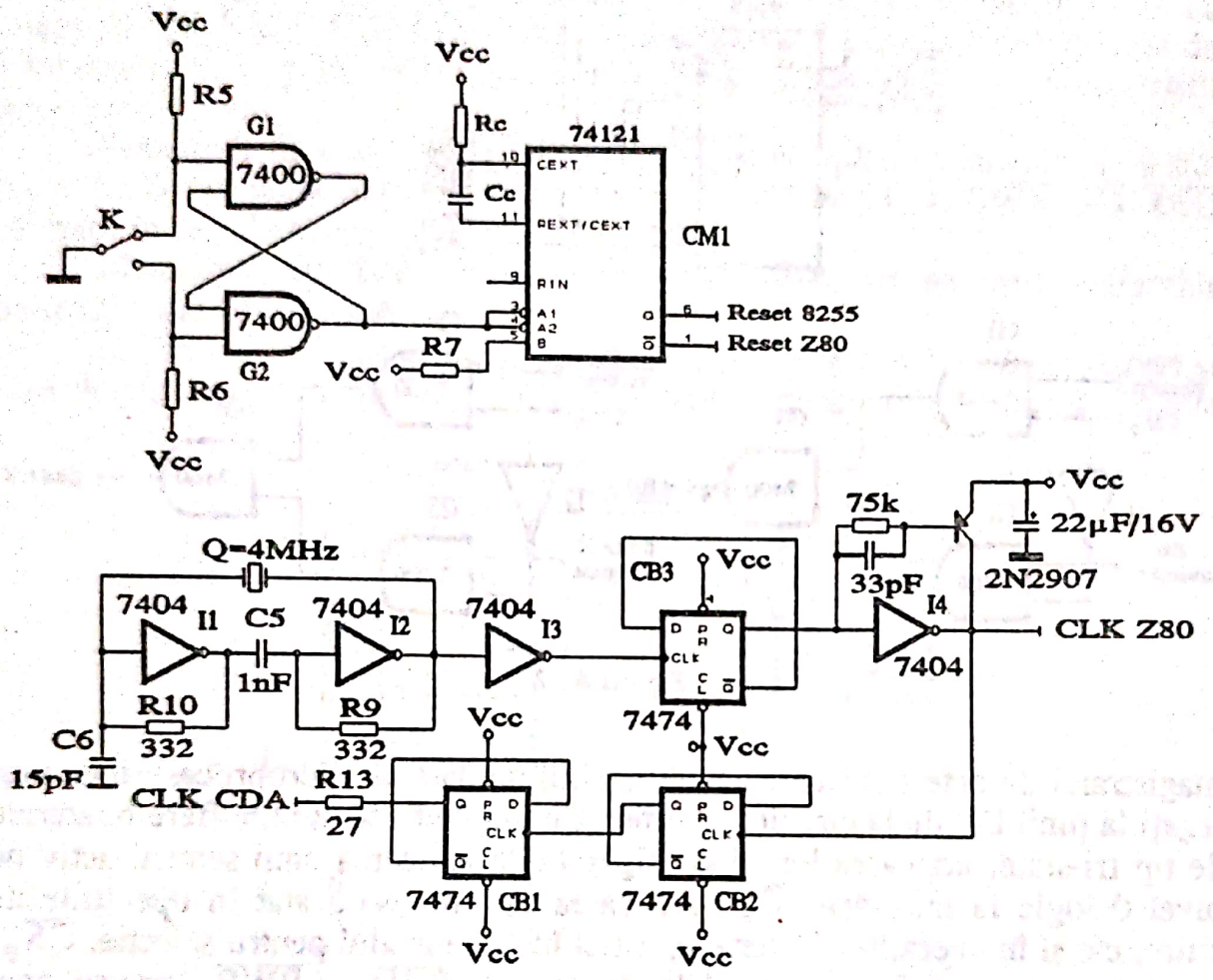


Figura 6.18

Semnalul este format cu inversorul I3 (7404) şi aplicat unui bistabil de tip T CB3 (7474) ce realizează divizarea prin 2 a frecvenţei. La ieşirea Q a acestui bistabil se obţine un semnal de tact cu frecvenţa de 2 MHz.

Pentru o funcţionare cât mai bună a microprocesorului, pe lângă cerinţa impusă ca semnalul de tact să aibă un factor de umplere de 1/2, lucru realizat cu ajutorul bistabilului divizor, este bine ca tactul să aibă nivelurile logice cât mai bine conturate. Cu ajutorul unui tranzistor şi al inversorului I4 (7404) se realizează şi această cerinţă. Grupul RC din bază îmbunătăţeşte răspunsul la regim tranzitoriu al tranzistorului. Tranzistorul are rol determinant la fixarea nivelului HIGH al tactului, în timp ce inversorul integrat la fixarea nivelului logic LOW.

Scanned with OKEN Scanner

6.3.5. Circuitul de iniţializare

Schema electrică de principiu a circuitului de iniţializare este prezentată în fig. 6.18.

Iniţializarea microprocesorului este asigurată de un semnal activ pe nivel zero logic, prelevat de la ieşirea $\overline{Q}$ a unui circuit monostabil 74121. Circuitul bistabil RS, realizat cu două porţi NAND cu două intrări, este necesar pentru a elimina vibraţiile lamelei de contact a butonului de RESET, K. Apariţia unui front descrescător pe intrarea A1.A2, prin revenirea lui K în poziţia iniţială duce la declanşarea monostabilului şi la apariţia unui impuls de durată $\tau = RC\ln 2$ la ieşirea acestuia. Durata τ a impulsului trebuie să fie mai mare decât trei perioade de ceas ale microprocesorului pentru a realiza o iniţializare completă. S-a ales τ = 2 ms, ceea ce asigură o funcţionare corectă.

6.3.6. Decodificatorul de adrese

Sistemul de control funcţionează cu toate perifericele în spaţiul memoriei. Având în vedere complexitatea sistemului, s-a adoptat soluţia adresării decodificate. Schema decodificatorului este prezentată în fig. 6.19.

Decodificatorul de adrese utilizează două circuite, tip 74LS138. Acestea sunt decodificatoare de trei biţi, deci cu opt ieşiri. Sunt de asemenea prevăzute cu trei intrări de validare, două active pe nivel LOW $\overline{E}_1$, $\overline{E}_2$ şi una activă pe nivel HIGH, E_3.

Se decodifică cei mai semnificativi 4 biţi ai magistralei de adrese BA12, BA13, BA14, BA15. Aceşti biţi sunt conectaţi astfel:

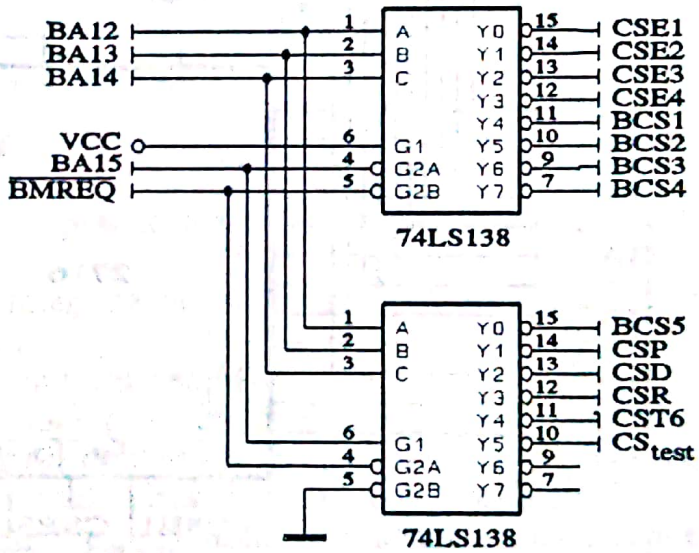


Figura 6.19

–BA12, BA13, BA14 pe intrările A,B,C ale celor două decodificatoare;

–BA15 pe intrarea $\overline{E}_1$ a primului decodificator şi pe E_3 a celui de-al doilea. Aceste intrări sunt folosite ca intrări virtuale D, respectiv $\overline{D}$ în decodificarea completă de 4 biţi.

Validarea circuitelor decodificatoare este posibilă prin aplicarea semnalului $\overline{BMREQ}$ pe intrările $\overline{E}_2$ şi $\overline{E}_1$, ca urmare a unei cereri de acces la memorie, semnalată de trecerea la nivel LOW a semnalului $\overline{BMREQ}$.

Din acest mod de tratare a decodificării rezultă că spaţiul de memorie a fost împărţit în 16 zone de 4 ko. Semnalele de la ieşirile decodificatorului de

Scanned with OKEN Scanner

adrese sunt active pe nivel zero logic, necesare selectării unui anumit periferic, conform programului de funcţionare a sistemului.

6.3.7. Memoria sistemului

Memoria sistemului conţine circuite RAM static, pentru memoria de lucru şi circuite EPROM pentru programe şi tabele. Modul de utilizare a memoriei rezultă şi din fig. 6.20.

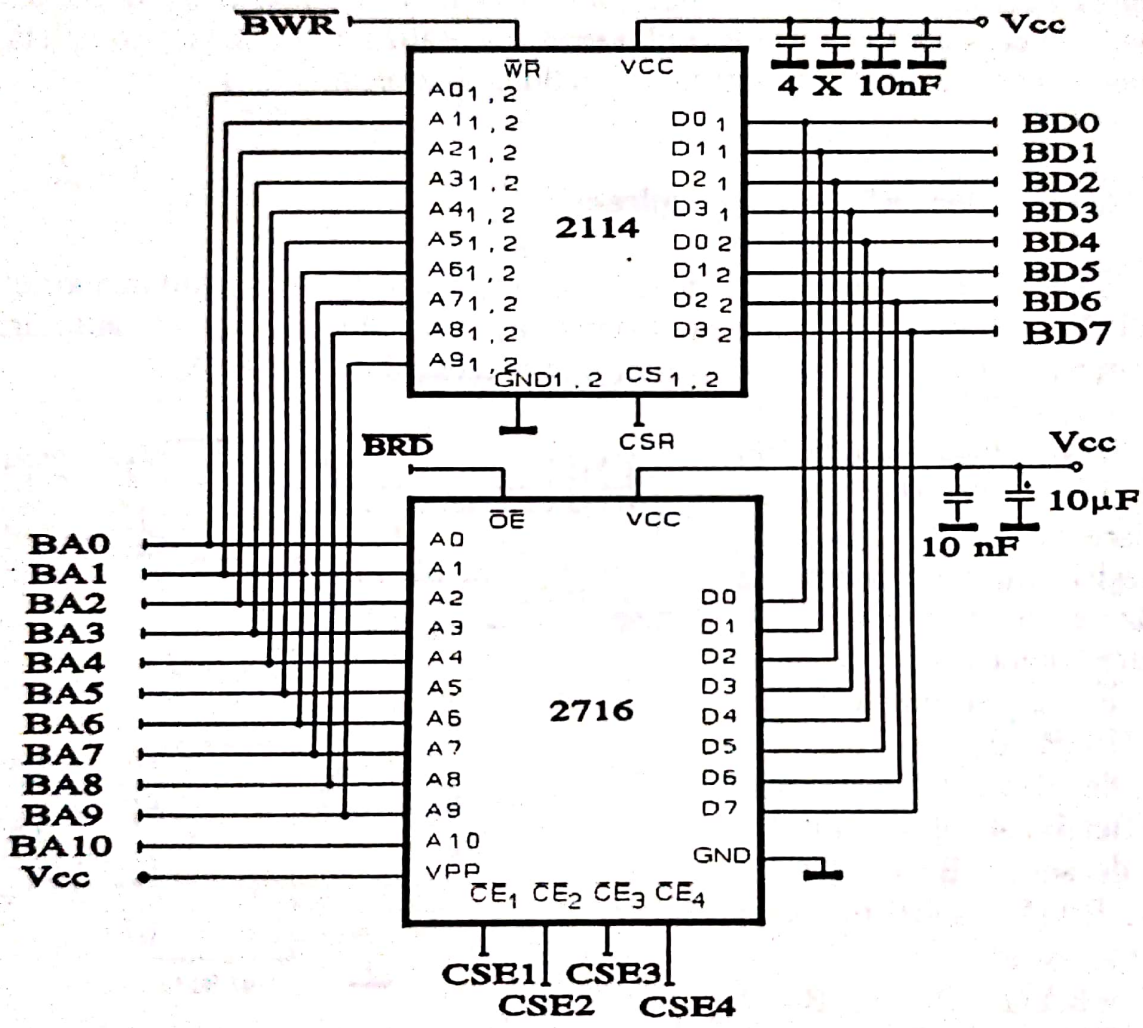


Figura 6.20

Memoria RAM, de tip static, are o capacitate de 1ko şi este realizată cu două circuite de tip 2114. Accesul la o locaţie de memorie RAM este posibil prin conectarea pinilor A0, A1, ... A9 ai memoriilor pe liniile corespunzătoare de pe busul de adrese. Circuitele RAM se selectează cu ajutorul semnalului $\overline{CSR}$ obţinut la una din ieşirile decodificatorului de adrese. O scriere în RAM este posibilă prin activarea intrării $\overline{WR}$ conectată la semnalul corespunzător de pe magistrala de control $\overline{BWR}$.

Scanned with OKEN Scanner

Memoria ROM, de tip EPROM, are o capacitate de 8 ko şi este repartizată după cum urmează:

– memoria program 2 ko;
– memoria injecţie 2 ko;
– memoria avans la aprindere 4 ko.

Sunt utilizate patru capsule tip 2716, selectate cu ajutorul semnalelor de la decodificatorul de adrese, după cum urmează:

- $\overline{CSE1}$ – memoria program;
- $\overline{CSE2}$ – memoria injecţie;
- $\overline{CSE3}$, $\overline{CSE4}$ – memoria avans la aprindere.

Transferul datelor din memorie este asigurat de magistrala de date a sistemului, pe liniile de date BD0, BD1, ... BD7. De pe magistrala de control se foloseşte numai semnalul de citire $\overline{BRD}$.

Selectarea unei anumite locaţii de memorie din circuitul activat la un moment dat se face cu ajutorul liniilor magistralei de adrese BA0, BA1, ... BA10.

Memoria ROM pentru extragerea informaţiilor cu privire la injecţie şi avans la aprindere se adresează cu ajutorul unui registru pereche. În octetul inferior este cuprins, pe biţii 0, 1, ... 5, codul clasei de sarcină a motorului, iar în octetul superior, pe biţii 0, 1, ... 4, codul clasei de turaţie. Pentru adresarea memoriei de avans la aprindere se folosesc coduri de 6 biţi pentru clasa de turaţie. Din formatul adresei rezultă doar 5 biţi. Al şaselea bit (de semnificaţie maximă) afectează partea superioară (de selecţie) a adresei.

6.3.8. Circuitul timerelor

În circuitul timerelor se obţin practic toate semnalele necesare pentru controlul funcţionării motorului.

Se utilizează cinci circuite integrate numărătoare programabile de tip 8253, în modul precizat în fig. 6.21.

Circuitele sunt selectate cu ajutorul semnalelor de selecţie $\overline{BCS1}$, ... $\overline{BCS5}$. Transferul informaţiilor se face prin intermediul magistralei de date. Unul din cele trei canale sau registrul de control se adresează cu intrările de adresă A0, A1, conectate pe magistrala de adrese la liniile BA0, respectiv BA1. Operaţiunile de citire/scriere în timere este posibilă prin conectarea intrărilor $\overline{RD}/\overline{WR}$ la liniile $\overline{BRD}/\overline{BWR}$ de pe magistrala de control.

Modul de atribuire a funcţiilor pentru secţiunile numărătoarelor programabile este următorul:

1. numărătorul programabil N1:
   – canal 0 – monostabil – delay injecţie 1,
   – canal 1 – monostabil – timp injecţie 1,
   – canal 2 – monostabil – impuls aprindere avans β;
2. numărătorul programabil N2:
   – canal 0 – monostabil – delay injecţie 2,
   – canal 1 – monostabil – timp injecţie 2,
   – canal 2 – astabil – clock delay injecţie;

Scanned with OKEN Scanner

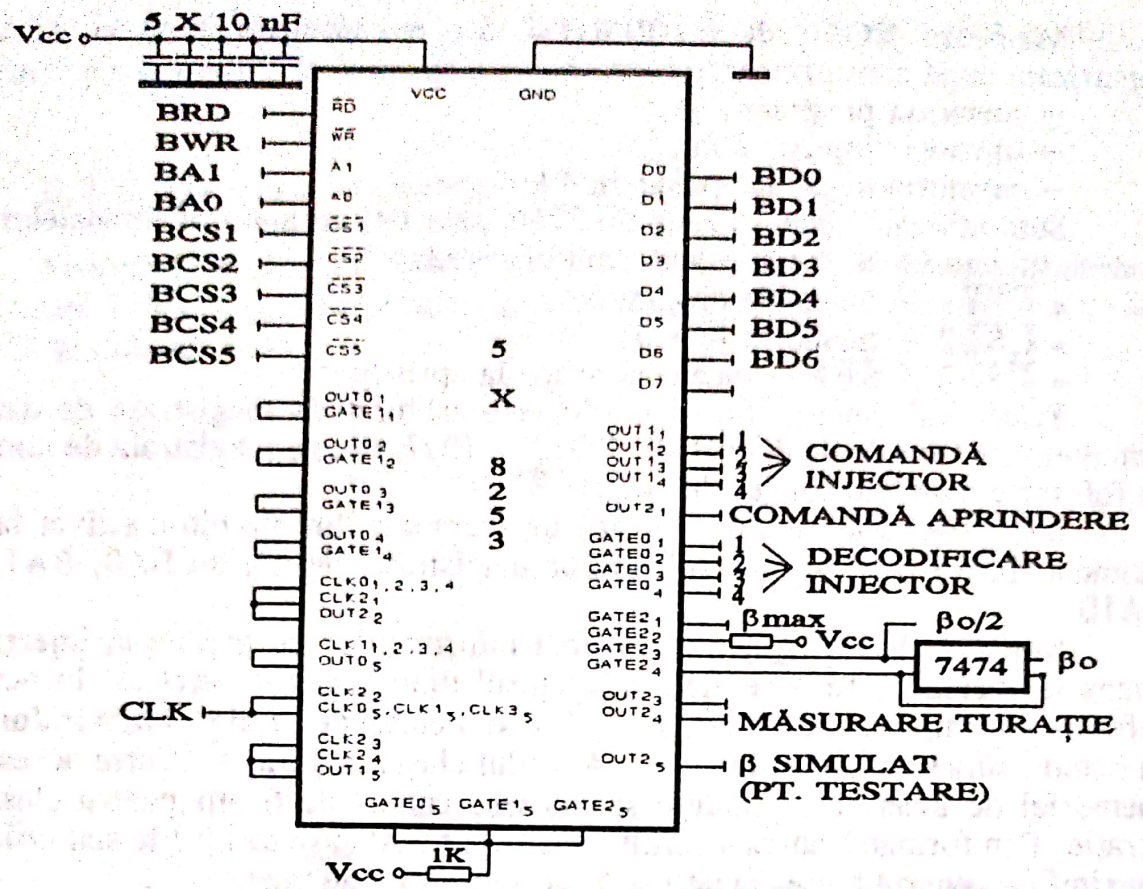


Figura 6.21

3. numărătorul programabil N3:
   - canal 0 – monostabil – delay injecţie 3,
   - canal 1 – monostabil – timp injecţie 3,
   - canal 2 – numărător – măsurare turaţie 1;
4. numărătorul programabil N4:
   - canal 0 – monostabil – delay injecţie 4,
   - canal 1 – monostabil – timp injecţie 4,
   - canal 2 – numărător – măsurare turaţie 2;
5. numărătorul programabil N5:
   - canal 0 – astabil – clock timp injecţie,
   - canal 1 – astabil – clock măsurare turaţie,
   - canal 2 – astabil – generare semnal de test β_0.

Funcţionarea acestor numărătoare este condiţionată şi de prezenţa altor semnale în sistem. Astfel, pe intrările CLK2 – N2; CLK0, CLK1, CLK2 – N5 se aplică tactul de 2 MHz preluat din circuitul de ceas prezentat în fig. 6.18. Pe intrarea GATE2 – N2 se aplică semnalul β_{max} de la traductorul unghiului de avans maxim la aprindere, iar pe intrările GATE0 ale primelor patru numărătoare programabile se aplică semnalele de la ieşirile decodificatorului de faze de lucru.

Analizăm funcţionarea secţiunilor din primele patru numărătoare programabile (N1, ... N4). Secţiunile 0 asigură întârzierea controlabilă a

momentului de începere a injecţiei faţă de trecerea prin punctul mort interior al motorului. Pe baza clasei de turaţie şi a sarcinii motorului, microprocesorul înscrie o valoare adecvată. Studiile experimentale au arătat că pentru motorul DACIA există o valoare unghiulară constantă optimă, deci întîrzierea este o constantă dependentă de clasa de turaţie. Dacă ar apărea o dependenţă mai complexă, de tipul cu două variabile turaţie-sarcină, ar fi necesară o memorie de aceaşi dimensiune cu memoria timpului de injecţie (2 ko). Cu observaţia experimentală prezentată, nu sunt necesare decât un număr de valori egal cu numărul claselor de turaţie utilizate în adresarea memoriei timp injecţie (32). Declanşarea timerelor are loc decalat în timp la apariţia fronturilor crescătoare ale impulsurilor aplicate pe intrările GATE0, semnalele de comandă fiind preluate de la decodificatorul fazelor de lucru. Ieşirile OUT0 sunt legate la intrările GATE1 ale canalelor 1, programate de asemenea în MOD 1 (monostabil). În aceste canale se înscriu valorile timpilor de injecţie, preluate din memoria timp injecţie pe baza mărimilor turaţie-sarcină. Declanşarea monostabilelor are loc la sfârşitul perioadei cvasistabile a monostabilelor de pe canalele 0, când ieşirile OUT0 trec de la nivel zero la nivel unu logic (front crescător). De la ieşirile OUT1 ale celor 4 circuite se preiau impulsurile de control ale duratei injecţiei de benzină Tinj1, ... Tinj4.

Acest mod de funcţionare a circuitului de prescriere a parametrilor de injecţie este foarte avantajos, permiţând maxima flexibilitate, necesară de exemplu dacă se doreşte o optimizare la nivel de cilindru a controlului.

Circuitul N5 este programat pe toate cele 3 canale ca astabil, generând semnale cu frecvenţă programabilă, semnale necesare în funcţionarea sistemului sau în testele efectuate asupra sa.

6.3.9. Circuit de distribuire a semnalelor de control al injectoarelor

Schema acestui circuit este prezentată în fig. 6.22.

Utilizând patru circuite independente de control al injecţiei, se poate prelungi injecţia pentru un cilindru dincolo de faza corespunzătoare admisiei pe respectivul cilindru, suprapunându-se astfel injecţia pentru un cilindru peste faza de admisie a altui cilindru. Acest fapt este foarte avantajos la turaţii şi sarcini mari, când timpul de deschidere al injectorului poate depăşi durata fazei de admisie pentru un cilindru. Cum se lucrează cu injecţie în poarta supapei de admisie (în galeria de admisie), amestecul nu se sărăceşte, local, în poarta supapei de admisie având loc formarea amestecului optim. Acest mod de lucru, secvenţial, de control al injecţiei de benzină asigură optimizarea formării amestecului, cu rezultate pozitive în ceea ce priveşte performanţele putere/consum.Pentru anumite regimuri specifice de funcţionare însă sunt necesare şi alte modalităţi de abordare a problemei formării semnalelor de comandă pentru injectoare. În principal este vorba despre regimul de pornire a motorului. Acesta este de dorit să fie cât mai scurt şi cât mai eficient. Pornirea necesită o îmbogăţire specifică a amestecului. Pentru a realiza o pornire de calitate a motorului s-au prevăzut următoarele facilităţi de lucru:

Scanned with OKEN Scanner

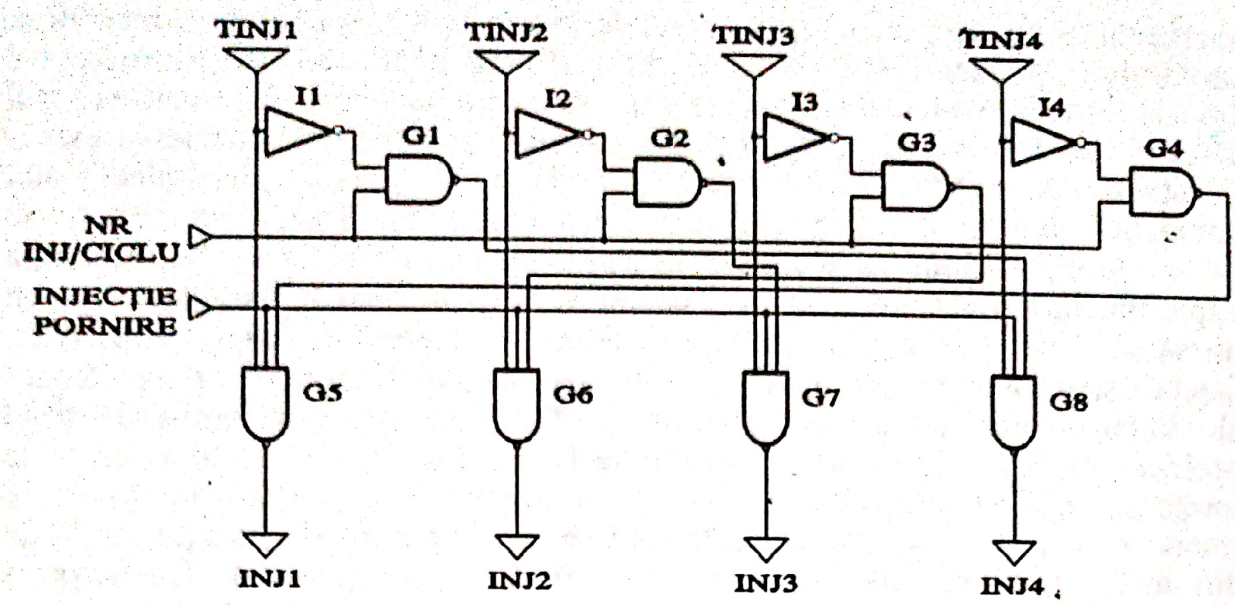


Figura 6.22

– un impuls de durată bine determinată, dependentă în special de parametrii termici ai motorului, care să acţioneze o singură dată, înaintea acţionării demarorului toate injectoarele. În acest mod, indiferent care cilindru este primul la admisie, se va asigura umplerea promptă cu amestec, ceea ce evident facilitează pornirea. De asemenea în acest fel sunt evitate problemele ce apar până la sincronizarea circuitului decodor de faze de lucru al sistemului (intrarea în regimul de sincronizare se face după maximum două ture de motor). Semnalul corespunzător este identificat în continuare prin INJECŢIE PORNIRE;

– posibilitatea de a se lucra cu două impulsuri de injecţie/ciclu în care scop este prevăzut un semnal de control, NR.INJ/CICLU.

Aceste semnale de control al modului de lucru pentru injecţie sunt generate în mod specific de către microprocesor şi furnizate sistemului prin intermediul portului A din circuitul PIO 8255. Semnalul INJECŢIE PORNIRE este activ pe nivel zero logic, în timp ce semnalul NR.INJ/CICLU determină funcţionarea cu un impuls de injecţie pe ciclu când este pe nivel zero logic şi cu două impulsuri de injecţie pe ciclu, când este pe nivelul unu logic. Modul de lucru cu două injecţii/ciclu asigură două impusuri pentru fiecare cilindru pentru un ciclu complet (720° RAC), defazate cu 360° RAC. Din acest motiv, pentru motorul DACIA, având ordinea la admisie *1–4–3–2*, modul de lucru cu două injecţii/ciclu determină comanda pe perechi de cilindri de tipul *1–3* (*3–1*) şi *4–2* (*2–4*).

Realizarea acestor funcţiuni este asigurată de circuitele G1, ..., G8, I1, ..., I4. Porţile G5, G6, G7, G8 asigură mixarea semnalelor de comandă a injectoarelor Tinj* cu semnalul INJECŢIE PORNIRE, în conformitate cu modul de lucru selectat ca urmare a acţiunii semnalului NR.INJ/CICLU. Pentru modul de lucru cu două injecţii/ciclu se utilizează porţile G1, G2, G3, G4 şi inversoarele I1, I2, I3, I4. Nivelul unu logic aplicat la intrarea NR.INJ/CICLU validează porţile G1, ..., G4, astfel că la ieşiri vor apărea impulsurile Tinj1, ...

Scanned with OKEN Scanner

Tinj4. Conectarea ieşirilor din porţile NAND G1, ..., G4 la intrările porţilor NAND G5, ..., G8 respectă modul de comandă în pereche a injectoarelor.

Când se trece la modul de lucru cu o injecţie/ciclu, apare nivel zero logic la intrarea NR.INJ/CICLU, ce inhibă porţile G1, ..., G4. Nivelul 1 logic de la ieşirile acestor porţi validează funcţionarea în continuare a porţilor G5, ..., G8.

Atât semnalele Tinj*, cât şi semnalul INJECŢIE PORNIRE sunt active pe nivel LOW. Cum circuitele utilizate sunt inversoare şi semnalele se propagă pe un număr impar de etaje, suferind un număr impar de inversări (1 sau 3), semnalele de ieşire Inj* vor fi active pe nivel HIGH. Aceste semnale se aplică blocului electronic de control al injectoarelor electromagnetice.

Secţiunile COUNT 2 din numărătoarele programabile N3, N4 sunt folosite pentru măsurarea turaţiei motorului. Pe intrările CLK2 este folosit ca tact un semnal obţinut prin divizarea, cu un factor de divizare controlat soft, a tactului microsistemului (2 MHz) pe canalul COUNT 1 al circuitului 8253 N5. Valoarea factorului de divizare este în concordanţă cu necesităţile de măsurare corectă a turaţiei. Pe intrările GATE2 se aplică semnalele de la ieşirile Q, $\overline{Q}$ ale unui bistabil ce divide prin 2 semnalul β_0. Numărătoarele de pe canalele 2 ale celor două circuite integrate vor fi activate în contratimp şi vor cronometra, alternativ câte unul, perioade de timp corespunzând la jumătate din perioada de rotaţie a motorului. Pe perioada cât un numărător cronometrează, celălalt este citit şi reiniţializat pentru a relua măsurarea.

6.3.10. **Decodorul fazelor de lucru ale motorului**

Schema electrică a decodorului fazelor de lucru ale motorului este prezentată în fig. 6.23.

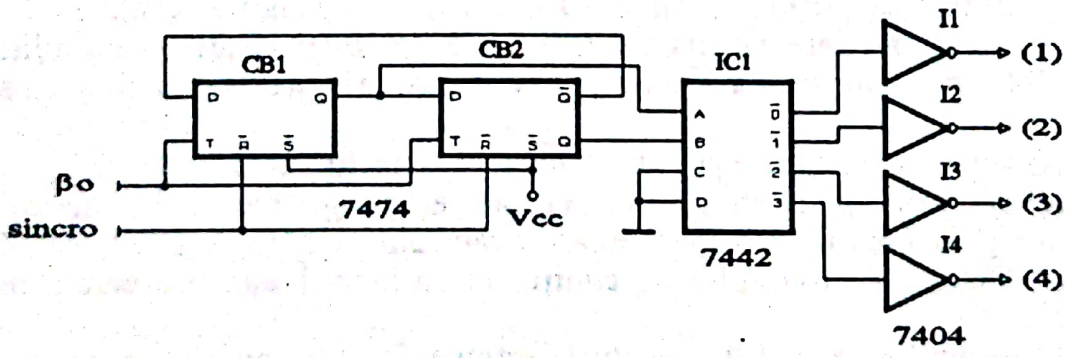


Figura 6.23

Circuitul conţine un numărător de doi biţi în cod Gray realizat cu bistabilele CB1, CB2 conectate în cascadă. Numărătorul poate fi sincronizat cu fazele de lucru ale motorului, prin acţionarea intrărilor de reset. Semnalul de numărare este impulsul de avans zero β_0 dat de traductorul de punct mort interior. Intrările reset sunt acţionate de un semnal provenit de la traductorul de sincronizare faze de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

La fiecare trecere a motorului prin punctul mort interior apare un impuls ce modifică starea numărătorului (pe front crescător). Numărătorul este sincronizat cu ajutorul semnalului de la traductorul de sincronizare a fazelor de lucru când cilindrul 1 este în faza de aprindere. Impulsul dat de traductorul de sincronizare corespunde la aproximativ 60° RAC. După ce s-a realizat sincronizarea inițială a numărătorului, următorul impuls de reset apare practic simultan cu tactul ce comandă trecerea în zero a numărătorului, având același efect.

Stările numărătorului sunt decodificate cu ajutorul circuitului decodificator IC1 (7442) BCD-zecimal. Cei doi biți ai numărătorului se aplică la intrările A, B, iar intrările C, D sunt legate la masă. Prin urmare sunt active ieșirile $\overline{0}$, $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$ ale decodificatorului. Cu ajutorul inversoarelor I1, ..., I4 se obțin semnalele de identificare ale fazelor de lucru, respectiv admisia.

Utilizarea codului Gray de 2 biți pentru motorul de patru cilindri are marele avantaj că numărarea ciclică a stărilor se face cu coduri succesive ce nu diferă decât printr-un singur bit (00 – 01 – 11 – 10 – 00 ...). Acest fapt este extrem de important, întrucât în acest fel se evită apariția unor semnale (foarte scurte) false la ieșirile decodificatorului (ce apar în cazul codului binar natural pentru tranziții la care se modifică simultan ambii biți), semnale ce pot provoca declanșări inoportune ale monostabilelor din circuitele timerelor de control a întârzierii (delay) injecție. Efectul este foarte neplăcut, ducând la „înecarea" motorului (a anumitor cilindri). Pentru codul binar natural, succesiunea codurilor ar fi fost 00 – 01 – 10 – 11 – 00 ..., tranzițiile 01 – 10 și 11 – 00 determinând modificarea simultană a ambilor biți.

6.3.11. **Circuitul de control al aprinderii**

Din punctul de vedere al aprinderii, motorul funcționează astfel:

– în faza de pornire, cu avans fix (zero), cu o singură scânteie pe ciclu;

– în funcționare normală (după depășirea unei turații prestabilite) cu două scântei pe ciclu: prima scânteie cu avans prescris, a doua scânteie cu avans zero.

Avansul prescris este citit din tabelul de date din memoria ROM de avans la aprindere. Principiul este cel al unei întârzieri programabile față de trecerea motorului prin poziția corespunzătoare avansului la aprindere maxim, β_{max}. Schema electrică a circuitului de control al aprinderii este prezentată în fig. 6.24.

Elementul principal îl constituie secțiunea 2 a timerului programabil N1, lucrând în MOD 1, monostabil (fig. 6.21). Acest canal primește tact de la secțiunea 0, ce realizează o divizare adecvată, dependentă de turație și controlată prin program, a tactului de 2 MHz a microsistemului. Declanșarea monostabilului de pe canalul 2 se efectuează hard prin impulsul β_{max} aplicat pe intrarea GATE2. După declanșare, ieșirea OUT2 trece în zero logic și revine în unu logic după o temporizare ce marchează momentul avansului la aprindere dorit. Cu acest semnal este declanșat (pe front crescător) circuitul basculant monostabil CM1 (74121).

Scanned with OKEN Scanner

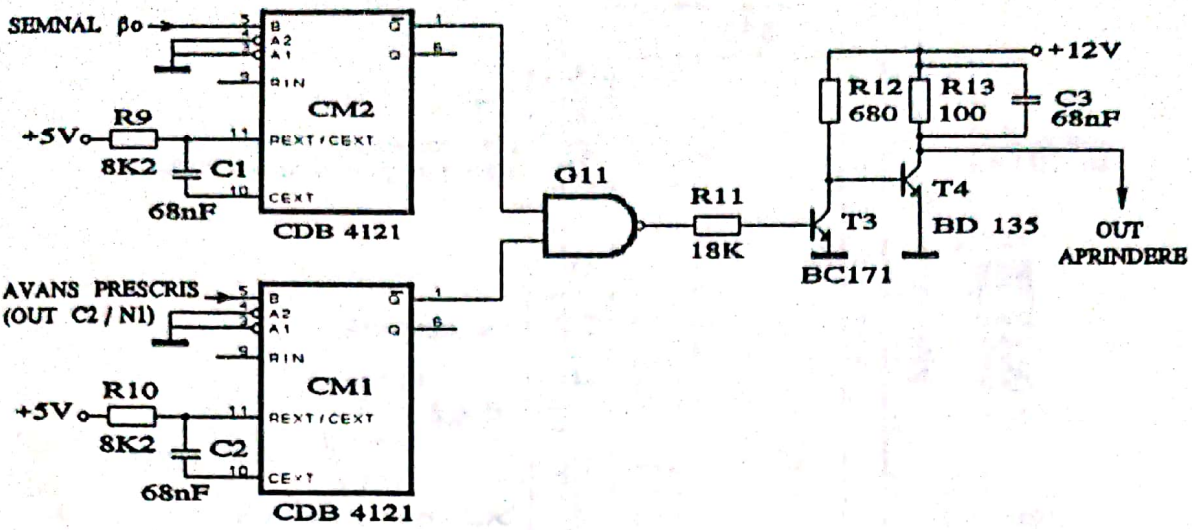


Figura 6.24

Un al doilea monostabil CM2 (74121) este declanşat de impulsul de avans zero β_0. Impulsul astfel obţinut va fi folosit pentru producerea scânteii pe avans fix (zero).

Circuitul permite mixarea semnalelor de aprindere pe avans prescris şi pe avans zero. Duratele impulsurilor date de cele două circuite basculate monostabile sunt de aproximativ 0,5 ms. Aducerea acestor impulsuri la nivelul de putere necesar acţionării unui bloc tip aprindere electronică este asigurat de etaje realizate cu tranzistoare.

6.3.12. **Blocul de intrare**

Circuitul de intrare permite în primul rând citirea de către microprocesor a datelor despre sarcina motorului (6 biţi) şi turaţie (1 bit). Sunt realizate de asemenea şi alte transferuri de date necesare.

Circuitul este prezentat în fig. 6.25.

Elementul funcţional de bază al circuitului este interfaţa paralelă programabilă tip 8255. Resetarea interfeţei se realizează pe nivel HIGH. Circuitul PIO 8255 este programat în MOD 0, porturile fiind utilizate astfel:

– portul A – ieşire (la nivel de bit, prin folosirea setului de instrucţiuni de lucru cu memoria ale microprocesorului Z 80);

– portul B – intrare;

– portul C (ambele jumătăţi) – intrare.

Circuitul PIO asigură posibilităţi extinse de control al sistemului, astfel:

– permite comanda unui CAD, folosind biţii PA0, PA1, PA2 ca ieşiri de selecţie (pentru multiplexorul de intrare al CAD);

– se poate prelua informaţia cu privire la turaţia motorului;

– permite opt programe distincte, selectabile cu ajutorul unor micro-switch-uri, pentru introducerea şi prelucrarea unor informaţii de la anumite traductoare (se pot realiza configuraţii de control diverse);

Scanned with OKEN Scanner

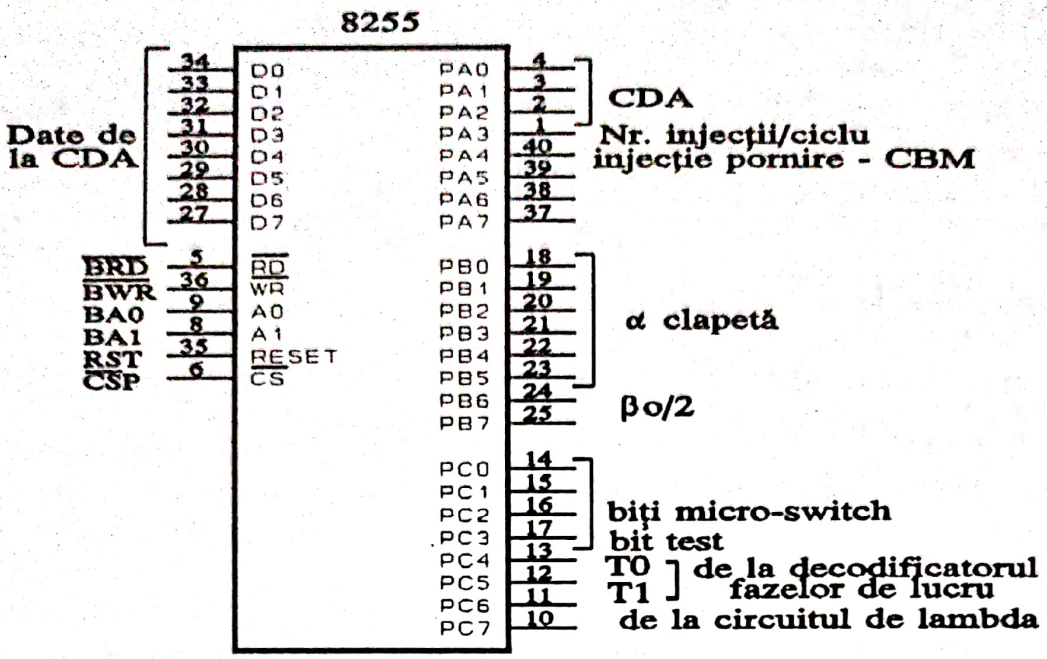


Figura 6.25

– asigură posibilitatea intrării în programe de test, ca urmare a comenzii transmise prin intermediul bitului 3 din portul C.

Comunicarea perifericului cu sistemul este asigurată de magistrala de date, selecţia unui anumit port fiind asigurată de biţii magistralei de adresă BA0, BA1 şi semnalul $\overline{CSP}$ de la decodificatorul de adrese.

Se poate de asemenea testa starea coeficientului exces de aer λ, cu ajutorul bitului PC6. Tot cu ajutorul circuitului PIO 8255 se transmit semnalele NR.INJ/CICLU şi INJECŢIE PORNIRE spre circuitul de control al injectoarelor electromagnetice (de pe ieşirile PA3, PA4).

6.3.13. Convertorul analog-digital

În sistem este prevăzut un CAD, necesar la măsurarea unor mărimi analogice (principale sau pentru corecţie) provenite de la traductoare de tip analogic. Se utilizează circuitul ADC 0808 de 8 biţi, cu opt intrări analogice, utilizând un tact de 500 kHz, obţinut prin două divizări succesive folosind circuitele basculante bistabile din integratul CB1, CB2 (7474) a tactului de 2 MHz a microsistemului [63]. Selecţia circuitului este asigurată cu semnalele $\overline{CSD}$, $\overline{BRD}$, $\overline{BWR}$, aşa cum se prezintă în fig. 6.26.

Circuitul ADC 0808 este uşor de folosit în sisteme controlate cu microprocesor. Cu ajutorul său se pot citi în sistem informaţii despre:

– temperatura lichidului de răcire;
– temperatura aerului în admisie;
– temperatura uleiului;
– temperatura benzinei;
– presiunea uleiului;

Scanned with OKEN Scanner

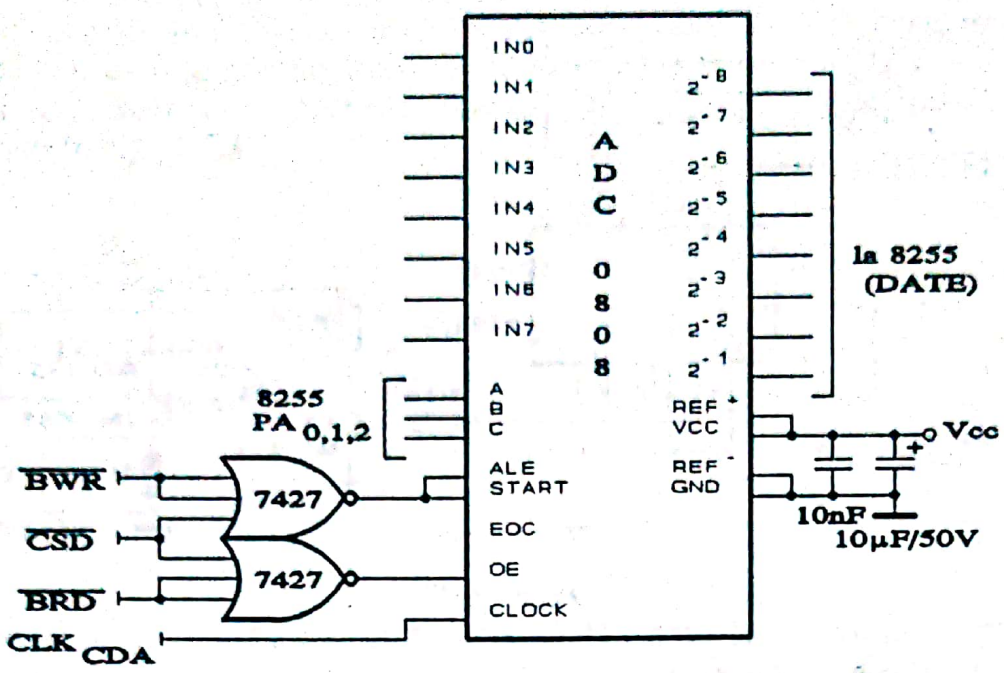


Figura 6.26

– presiunea atmosferică (pentru corecţia altimetrică);
– sarcina motorului, determinată de: depresiunea din galeria de admisie, debitul masic de aer şi unghiul clapetei de acceleraţie (cu montaj potenţiometric).

Selecţia unei intrări analogice (prin intermediul multiplexorului analogic de la intrarea circuitului ADC 0808) se realizează printr-un cod de 3 biţi transmis prin circuitul PIO 8255, portul A, pe ieşirile PA0, PA1, PA2.

6.3.14. Circuitul de control al dispozitivului de aer suplimentar

Schema electrică a circuitului de control al dispozitivului de aer suplimentar este prezentată în fig. 6.27.

Circuitul trebuie să realizeze un semnal sub formă de impulsuri, de frecvenţă fixă şi factor de umplere variabil. Acest semnal va fi aplicat unui bloc de comandă a dispozitivului de aer suplimentar, de acelaşi tip cu blocurile de comandă injectoare electromagnetice, dar adaptat la valoarea rezistenţei înfăşurării dispozitivului. Frecvenţa semnalului se stabileşte pe criterii experimentale pentru a evita rezonanţa mecanică a dispozitivului de aer suplimentar. Valoarea factorului de umplere rezultă din funcţionarea sistemului, prin mijloace software, din condiţia de regim de mers în gol stabilizat.

Circuitul este realizat prin conectarea în cascadă a două secţiuni din numărătorul programabil 8253 TM6. Secţiunea 0 este programată ca astabil, având pe intrarea CLK0 semnalul de tact de 2MHz al microsistemului, valoarea factorului de divizare permiţând o frecvenţă a semnalului de ieşire care să evite rezonanţa mecanică a dispozitivului de aer suplimentar. Secţiunea *1* a circuitului TM6 funcţionează ca monostabil (MOD 1), declanşat pe intrarea GATE1 de

Scanned with OKEN Scanner

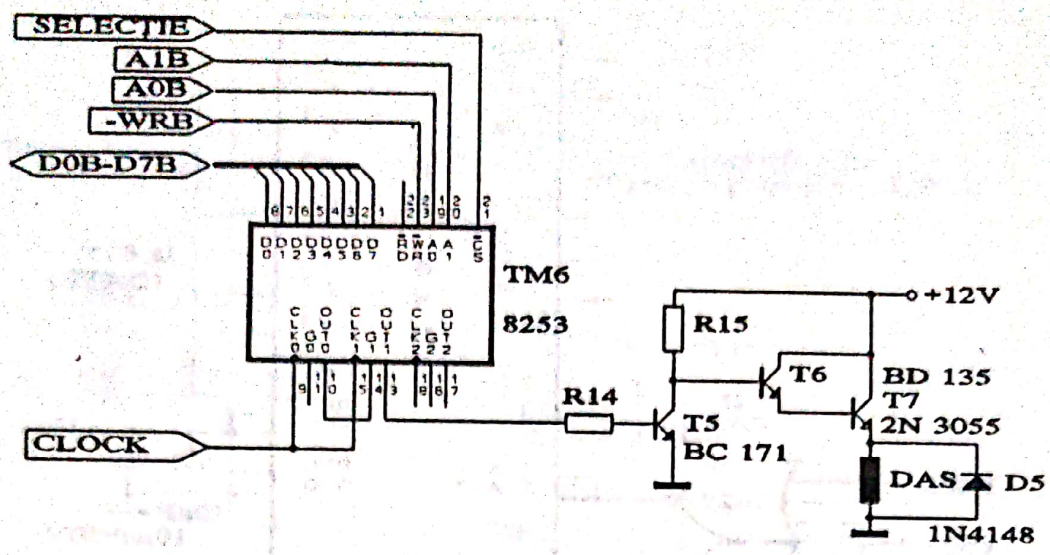


Figura 6.27

semnalul de la ieşirea OUT0 a secţiunii 0 (astabil). Tactul acestei secţiuni, aplicat la intrarea CLK1 este preluat de la oscilatorul de clock al microsistemului. Funcţie de condiţiile concrete de funcţionare a motorului în regimul de mers în gol, microprocesorul stabileşte valoarea ce trebuie înscrisă în acestă secţiune pentru a realiza stabilizarea turaţiei.

6.3.15. Circuite de semnalizare

Pentru faza de dezvoltare a sistemului de control sunt necesare anumite semnalizări, care dau informaţii esenţiale asupra stării circuitelor la un moment dat. În acest fel se pot depista rapid anumite defecţiuni sau limitări. Se controlează prin semnalizare optică următoarele semnale şi funcţii:

- semnal ieşire traductor punct mort interior (β_0);
- semnal ieşire traductor avans maxim la aprindere (β_{max});
- impuls de aprindere cu avans zero;
- impuls de aprindere cu avans prescris;
- semnale de ieşire decodor faze de lucru (patru ieşiri);
- semnal de ieşire traductor sincronizare;
- funcţionare sincronizare;
- impuls de INJECŢIE PORNIRE;
- semnal de control NR.INJ/CICLU;
- semnale de ieşire comandă injectoare electromagnetice (patru ieşiri).

Pentru semnalele ce apar în mod periodic se utilizează monostabile retriggerabile (74123), la care s-a ales o durată a stării cvasistabile mai mare decât perioada de repetiţie (în regim de funcţionare normală) a semnalului monitorizat, ceea ce asigură o aprindere continuă a LED-ului corespunzător. Pentru semnalele care apar sporadic (de exemplu, INJECŢIE PORNIRE), se folosesc monostabile obişnuite (74121), cu o temporizare suficient de mare (2-3 secunde), pentru a putea observa apariţia lor. O semnalizare directă (fără

Scanned with OKEN Scanner

mărirea temporizării) nu este utilizabilă, având în vedere durata redusă (de cel mult câteva zeci de milisecunde) a semnalelor. Semnalizarea stării semnalelor de control prin intermediul nivelului logic (de exemplu, NR.INJ/CICLU) se face direct. Schemele electrice folosite în circuitul de semnalizare sunt prezentate în fig. 6.28.

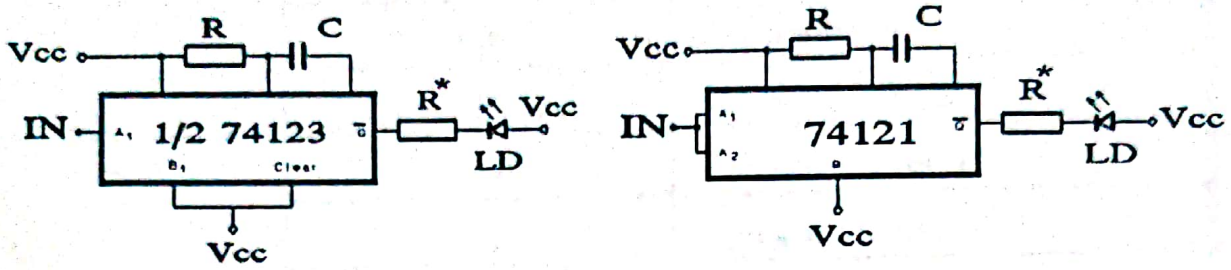


Figura 6.28

O altă semnalizare optică folosită în faza de dezvoltare este cea a variantei de program utilizate la un moment dat. Schema electrică a acestui circuit este prezentată în fig. 6.29. Varianta este precizată cu ajutorul

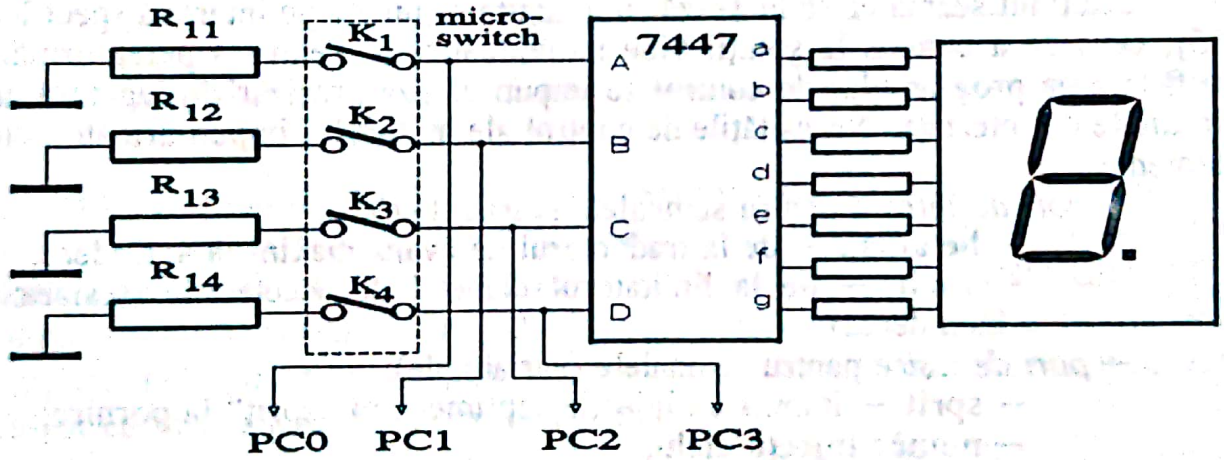


Figura 6.29

microswitch-urilor conectate la intrările PC0, PC1, PC2, PC3 ale portului C de la circuitul PIO 8255. Pentru a afişa varianta de program folosită se preiau nivelurile logice de la microswitch-uri şi se aplică la intrările de date ale unui decodificator BCD-7 segmente. Acest decodificator comandă un modul de afişaj corespunzător, citirea informaţiei precizând experimentatorului programul utilizat la un moment dat.

Scanned with OKEN Scanner

7

ASPECTE SOFTWARE ALE CONTROLULUI

7.1. PROGRAMUL DE DESERVIRE A STANDULUI EXPERIMENTAL CONTROLAT DE MICROCALCULATOR

Pentru controlul standului s-a utilizat un microcalculator CUB Z echipat cu microprocesor Z 80, sub sistemul de operare CP/M. Programul de funcţionare a fost elaborat în limbaj evoluat Turbo Pascal [31],[39].

S-a ţinut seama că se lucrează cu anumite elemente de interfaţă specifice [45], ceea ce a condus la soluţii bine individualizate. Pentru a putea urmări desfăşurarea programului de control se impun câteva precizări în legătură cu circuitele de interfaţă. Necesităţile de control ale motorului impun următoarele elemente:

- *port de intrare* pentru semnalele (variabilele):
  - **betamax** – de la traductorul de avans maxim la aprindere;
  - **limit** – de la limitatorul clapetei de acceleraţie (sesizează închiderea);
- *port de ieşire* pentru semnalele (variabilele):
  - **sprit** – impuls de injecţie suplimentară „şpriţ“ la pornire;
  - **număr injecţii/ciclu;**
  - **dirstep** – 2 biţi: un bit pentru controlul sensului de rotaţie (dir) al motorului pas cu pas şi un bit pentru tactul de acţionare (step);
- *timer control avans;*
- *timer control injecţie;*
- *timer control delay injecţie;*
- *oscilator* cu frecvenţa de 150 Hz pentru generarea impusurilor modulate în durată necesare controlului dispozitivului de aer suplimentar;
- *timer (monostabil) pentru controlul factorului de umplere al impulsurilor modulate în durată* necesare controlului dispozitivului de aer suplimentar.

S-a adoptat modul de lucru cu adresare în spaţiul I/O.

Prezintă interes alocarea adreselor microcalculatorului CUB-Z [4], aşa cum se observă în tabelul 7.1

Scanned with OKEN Scanner

TABELUL 7.1

CIRCUIT	ADRESĂ	DESTINAŢIE
PIO	A0H	date portul A
	A1H	comenzi portul A
	A2H	date portul A
	A3H	comenzi portul B
CTC	D0H	programare ceas 0
	D1H	programare ceas 1
	D2H	programare ceas 2
	D3H	programare ceas 3
SIO	E0H	date portul A
	E1H	comenzi portul A
	E2H	date portul B
	E3H	comenzi portul B

Pentru a realiza structura necesară s-a procedat după cum urmează:

– pentru semnalele de intrare-ieşire (paralelă) s-a dezactivat interfaţa paralelă cu circuit PIO şi s-a utilizat o placă standardizată MIND LIO [67]. Soluţia prezintă avantajul unei flexibilităţi mai mari, oferind două porturi complete de 8 biţi de intrare-ieşire. Mai mult, microcalculatorul utilizat nu era echipat cu interfaţa paralelă (structură opţională);

– pentru circuitele timere s-au dezafectat circuitele SIO (în cadrul aplicaţiei nu se utilizează dialogul serial) şi CTC (se folosesc circuite timere de tip 8253 ce asigură posibilităţi de control net superioare în aplicaţii de acest tip faţă de circuitele Z80-CTC).

Interfaţa paralelă (porturi de intrare-ieşire). Semnalele de intrare-ieşire sunt transferate prin intermediul unei plăci standardizate MIND LIO [67], conţinând 16 linii de intrări numerice şi 16 linii de ieşiri numerice, organizate sub forma a două porturi de 8 biţi de intrări/ieşiri. Porturile sunt identificate de producător sub denumirile PORT A şi PORT B. Fiecărei linii de date îi sunt asociate două tipuri de buffere CMOS:

– MMC 4503 – operator tri-state pentru transmiterea la magistrala de sistem a datelor stocate în bistabilul „latch" (MMC 4076) asociate liniilor de

Scanned with OKEN Scanner

intrări numerice [64]. Liniile de intrări numerice pot accepta nivele logice TTL sau CMOS, selectarea realizându-se în mod automat;

– MMC 4050 – operator neinversor pentru transmiterea datelor de la magistrala de sistem la bistabilele „latch" (MMC 4076) asociate liniilor de ieşiri numerice. Se foloseşte acest operator pentru a nu încărcă capacitiv linia de date a magistralei de sistem prin cumularea mai multor intrări de circuite CMOS. Liniile de ieşiri numerice prezintă buffere „OPEN-DRAIN" tip MMC 40107 cu o capabilitate de achiziţie de date pe intrări în curent de 136 mA.

Controlul transmisiei de date este asigurat de semnalul notat de producător cu CDIN*, obţinut din semnalele de control RD, WR şi IORQ, generate de microcalculator.

Porturile A şi B de pe placa MIND LIO se adresează cu semnalele de selecţie A0H, respectiv A1H, obţinute de la decodificatorul de adrese al microcalculatorului prin utilizarea semnalului de selecţie al circuitului de interfaţă paralelă Z80 PIO (neutilizat în aplicaţie).

Alocarea liniilor de date ale portului A (la adresa A0H), funcţionând în modul intrare-ieşire, este prezentată în tabelul 7.2.

TABELUL 7.2

DATA	INTRARE	IEŞIRE
d7	betamax (activ în 0 logic)	–
d6	–	sprit (activ în 1 logic)
d5	–	–
d4	–	–
d3	–	număr de injecţii/ciclu
d2	–	–
d1	limitator cursă obturator aer	–
d0	–	–

În portul B de la adresa A1H, în modul ieşire, se transferă următoarele semnale, conform tabelului 7.3.

TABELUL 7.3

DATA	IEŞIRE
b7	control sens rotaţie MPP acţionare obturator
b6	tact acţionare MPP

Scanned with OKEN Scanner

Timer 8253 (extern), cu folosirea tuturor celor trei secţiuni de numărare. Funcţiile realizate, modul de lucru şi adresele la care se găsesc aceste timere rezultă din tabelul 7.4.

TABELUL 7.4

ADRESĂ	SECŢIUNE	CUVÂNT	DESTINAŢIE	MOD DE LUCRU
E0H	COUNT 0	32H	control delay injecţie	MOD1, monostabil
E1H	COUNT1	72H	control injecţie	MOD1, monostabil
E2H	COUNT 2	B2H	control avans	MOD1, monostabil
E3H	registru de control	–	programare timere	–

Trebuie menţionat faptul că la aceste adrese se găsesc conectate (paralel) 4 circuite 8253 (selectate simultan). Cum toate timerele sunt programate în MOD 1, monostabil, secvenţele individuale de lucru vor fi determinate de semnalele de declanşare (hardware) ale monostabilelor, furnizate de traductoarele şi circuitele de decodificare din sistem.

Adresele utilizate s-au obţinut prin dezafectarea circuitului SIO.

Timer 8253, exterior microcalculatorului, cu folosirea a două secţiuni. Secţiunile sunt utilizate pentru a genera impulsuri cu frecvenţa de 150 Hz şi factor de umplere variabil pentru controlul dispozitivului de aer suplimentar. Funcţiile realizate, modul de lucru şi adresele la care se găsesc aceste timere rezultă din tabelul 7.5.

TABELUL 7.5

ADRESĂ	SECŢIUNE	CUVÂNT	DESTINAŢIE	MOD DE LUCRU
D0H	COUNT 0	36H	astabil 150 Hz	MOD3,astabil sim.
D1H	COUNT 1	72H	ctr. factor umplere	MOD1, monostabil
D2H	COUNT 2	–	neutilizat	neprogramat
D3H	reg. control	–	programare timere	–

Adresele utilizate provin prin dezactivarea circuitului timer intern (Z80 CTC) al microcalculatorului.

Programul este structurat pe două nivele de proceduri, apelate din programul principal sau din interiorul altor proceduri, după cum urmează:

Scanned with OKEN Scanner

```
program principal
begin
      procedure init
       procedure stop
      procedure sprit
      procedure motorinit
       procedure delinj
       procedure inject
       procedure stopavans
      procedure initkey
       procedure ecran
       procedure show
       procedure stopavans
       procedure get_turatie
      procedure inject
      procedure getkey
       procedure avans
       procedure ecran
       procedure show
       procedure get_turatie
       procedure show
       procedure get_turatie
       procedure show
     procedure stop
      procedure inject
      procedure stop avans
end
```

Variabilele utilizate în program, tipul şi semnificaţia lor sunt prezentate mai jos:

iinj – integer – durata impulsului de injecţie în faza de pornire;

setinj – integer – durata impulsului de injecţie după pornirea motorului;

oldturatie – integer – mărime pentru afişarea pseudoanalogică (cu ac indicator simulat) a turaţiei motorului;

oldacc – integer – mărime pentru afişarea pseudoanalogică (cu ac indicator simulat) a deschiderii clapetei de acceleraţie;

oldavans – integer – mărime pentru afişarea pseudoanalogică (cu ac indicator simulat) a avansului la aprindere;

oldinj – integer – mărime pentru afişarea pseudoanalogică (cu ac indicator simulat) a timpului de injecţie;

clapeta – integer – valoarea deschiderii clapetei de acceleraţie (în zecimi de grad);

betadel – integer – întârzierea momentului de începere a injecţiei în raport cu punctul mort interior (β_0);

Tinj – integer – durata impulsului de injecţie în regimul de mers normal al motorului;

tavans – integer – temporizare avans (pentru formarea impulsului de aprindere cu avansul dorit, prin intârziere faţă de β_{max});

prag – integer – valoare internă de control pentru schimbarea, funcţie de turaţie, a regimului de control pornire/mers normal;

prag1 – integer – pragul de turaţie, exprimat de operator în rot/min, la care are loc comutatrea regimului de control al motorului pornire/mers normal;

Scanned with OKEN Scanner

turatie – integer – rezultatul măsurării turaţiei, obţinut prin cronometrarea unui interval de timp corespunzător unei jumătăţi din perioada de rotaţie a motorului (între două impulsuri β_{max});

i – integer – contor pentru urmărirea numărului de paşi ai motorului pas cu pas de acţionare a clapetei de acceleraţie; se refoloseşte în final la oprirea motorului;

gg – integer – variabilă ce prescrie durata şi prin aceasta factorul de umplere al impulsurilor de control al dispozitivului de aer suplimentar;

beta max – byte – semnal de la traductorul de avans maxim β_{max};

beta zero – byte – semnal de la traductorul de punct mort interior (β_0).

Se prezintă în continuare modul specific de acţiune a procedurilor utilizate, în ordinea în care apar în program.

procedure stopavans. Procedura are drept scop să asigure suprimarea impulsurilor de aprindere cu avans controlat pentru faza de pornire. Lucrul este necesar datorită neuniformităţii turaţiei în această fază de funcţionare. Aprinderea se va face cu avans fix (zero), impulsul de comandă fiind generat prin mijloace hardware.

procedure gol. Procedura are drept scop asigurarea controlului dispozitivului de aer suplimentar pentru controlul mersului în gol. Acest dispozitiv este de tip electromagnetic cu pistonaş – sertar şi resort de echilibrare. Se montează ca *by-pass* peste obturatorul de aer. Secţiunea de curgere a aerului depinde direct proporţional de valoarea medie a curentului prin bobina dispozitivului. Controlul aerului suplimentar se bazează pe utilizarea impulsurilor modulate în durată. Pentru aceasta se foloseşte un tren de impulsuri cu frecvenţa de cca. 150 Hz obţinut cu ajutorul unei secţiuni (adresă D0) de la un circuit 8253 funcţionând în mod 3, astabil cu factor de umplere 0,5, cu tact de 2,5 MHz preluat de la circuitul de ceas al microcalculatorului. Acest semnal este utilizat pentru declanşarea altei secţiuni (adresă D1) de circuit 8253 funcţionând în mod 1, monostabil, 2 octeţi, binar. La acesta durata impulsului este controlată de operator din program pe timpul funcţionării motorului, precum şi în faza de iniţializare a parametrilor. Limita superioară a numărului ce se înscrie în această secţiune este 15 000, ceea ce la frecvenţa de tact a microcalculatorului de 2,5 MHz (0,4 μs) corespunde unei durate de 6 ms a impulsurilor. La o frecvenţă de repetiţie de 150 Hz (6,666 ms) se obţine un factor de umplere maxim de 0,9, ceea ce, ţinând seama de caracteristicile dispozitivului de aer suplimentar, este suficient. Valoarea medie a curentului prin bobină şi deci şi secţiunea de curegere a aerului depinde de factorul de umplere a impulsurilor, dispozitivul de aer suplimentar asigurând integrarea mecanică. Frecvenţa de 150 Hz s-a determinat experimental, din condiţia de funcţionare cu evitarea fenomenului de rezonanţă mecanică.

procedure avans. Procedura asigură controlul numărătorului de pe canalul 2 al circuitului 8253 pentru producerea întârzierii impulsului de aprindere cu avans controlat faţă de momentul trecerii motorului prin poziţia

Scanned with OKEN Scanner

corespunzătoare avansului maxim la aprindere (2 octeţi „Tavans"). Întârzierea este asigurată de numărătorul *2* programat ca monostabil şi declanşat (hardware) de semnalul β_{max}.

procedure injECT. Procedura asigură controlul numărătorului de pe canalul *1* al circuitului 8253 pentru producerea impulsului de control al injecţiei (2 octeţi „tinj"), începând cu momentul în care s-a terminat temporizarea (delay injecţie). Impulsul este asigurat de numărătorul 1 funcţionând ca monostabil.

procedure del_inj. Procedura asigură controlul numărătorului de pe canalul 0 al circuitului 8253 pentru producerea întârzierii injecţiei faţă de momentul deschiderii supapei de admisie (delay injecţie – 2 octeţi „betadel"). Impulsul este asigurat de numărătorul *0*, funcţionând ca monostabil declanşat (hardware) de impulsul β_0.

procedure get_turatie. Cu ajutorul acestei proceduri se determină turaţia motorului. În acest scop se cronometrează timpul dintre două impulsuri consecutive beta max, corespunzătoare trecerii motorului prin poziţia unghiulară aferentă avansului maxim la aprindere. Rezultatul cronometrării corespunde unei jumătăţi din perioada de rotaţie a motorului, pe baza căreia se calculează şi ulterior afişează turaţia motorului.

procedure step. În această procedură se folosesc următoarele variabile specifice:

– **dir** – integer – controlează sensul de rotaţie al motorului pas cu pas de acţionare a clapetei de aer (valoarea 1 selectează sensul spre închidere – apare ca bit b7 în portul de ieşire A1H);

– **pas** – integer – precizează numărul de paşi pe care trebuie să-i efectueze motorul pas cu pas (se utilizează pentru a prescrie rezoluţia controlului: 1 pas sau 10 paşi la o acţionare);

– **vit** – integer – controlează frecvenţa tactului de acţionare a motorului pas cu pas (viteza de rotaţie);

– **dirstep** – byte – variabilă de ieşire în portul A1H (bitul b6 din octet) ce generează semnalul de tact necesar rotirii motorului pas cu pas.

Pe baza valorilor parametrilor de control, procedura permite acţionarea motorului pas cu pas de antrenare a obturatorului de aer.

procedure init. În cadrul acestei proceduri se foloseşte următoarea variabilă specifică:

– **limit** – byte – conţine informaţia asupra stării limitatorului de cursă a obturatorului de aer. Se citeşte în portul A0H pe poziţia bit b5. Dacă valoarea citită este 1 logic, clapeta este deschisă.

Procedura are drept scop închiderea obturatorului de aer pentru iniţializarea sistemului de control al poziţiei clapetei de aer. De asemenea se execută o serie de iniţializări globale ale sistemului.

procedure sprit. Procedura permite obţinerea unui impuls cu durata bine precizată pentru acţionarea iniţială, simultan a tuturor celor patru injectoare,

Scanned with OKEN Scanner

fapt ce asigură o îmbogăţire necesară pentru faza de pornire a motorului („spriţ").

procedure show. Procedura permite afişarea pe ecranul microcalculatorului a mărimilor de intrare principale turaţie – sarcină, respectiv a mărimilor reglate: delay injecţie, timp injecţie, unghi de avans la aprindere (numeric şi pseudoanalogic) şi a mărimii de control (factor de umplere) pentru dispozitivul de aer de mers în gol (numai pseudoanalogic).

procedure getkey. Procedura are drept scop modificarea parametrilor din sistem ce asigură controlul funcţionării motorului. Principiul constă în aceea că mărimile iniţializate în prima fază a programului (prin introducerea valorilor numerice de la claviatură) pot fi incrementate sau decrementate fin sau brut, la apăsarea unor taste specifice. Pentru stabilirea mărimii prelucrate şi a modului de tratare a acesteia, se citeşte claviatura şi se atribuie variabilei ch1 caracterul detectat. Programul se ramifică prin salt la etichete corespunzătoare cu ordinele caracterelor utilizate pentru efectuarea comenzilor. În această procedură se intră din programul principal după ce s-au parcurs procedurile init, sprit şi initkey. Procedura initkey are o buclă de testare a turaţiei de care se trece numai după depăşirea valorii de prag introdusă de la claviatură în procedura sprit prin intermediul variabilei prag1.

În tabelul 7.6 se prezintă tastele ce trebuie apăsate pentru a realiza o anumită funcţie de control în sistem.

TABELUL 7.6

	CREŞTE	CREŞTE RAPID	SCADE	SCADE RAPID
delay injecţie	G	CTRL G	E	CTRL E
deschidere clapetă	R	CTRL R	P	CTRL P
timp injecţie	→	CTRL N	←	CTRL L
avans la aprindere	↑	CTRL K	↓	CTRL O
aer suplimentar	F	CTRL F	I	CTRL I

procedure initkey. Procedura realizează trecerea de la programul de pornire a motorului la programul de mers normal.

procedure motorinit. Procedura are drept scop controlul iniţial al timerelor pentru întârziere injecţie, injecţie şi blocarea impulsurilor pe avans controlat.

procedure stop. Procedura permite suprimarea (în mişcare) a impulsurilor de injecţie în faza de oprire a motorului. În acest mod cilindrii se aerisesc şi o nouă pornire se va face fără dificultăţi. De asemenea, se suprimă impulsurile pe avans controlat, rămânând active doar cele pe avans fix, β_0. Se

Scanned with OKEN Scanner

asigură în acest mod arderea reziduului de benzină, fără risc de detonaţie (având în vedere că amestecul va fi şi foarte sărac).

În ANEXA 1 este prezentat listingul programului utilizat.

7.2. PROGRAMUL DE FUNCŢIONARE A SISTEMULUI ELECTRONIC DE CONTROL AL INJECŢIEI DE BENZINĂ ŞI AL APRINDERII

Obţinerea performanţelor sistemelor de control electronic al injecţiei de benzină şi al aprinderii este condiţionată şi de utilizarea unui program performant. Se prezintă în continuare soluţiile software folosite pentru sistemul cu microprocesor descris la § 6.2.

7.2.1. Structura generală software

Programul de funcţionare a sistemului este structurat în modul prezentat în fig. 7.1.

Din figură se pot observa trei mari zone ale programului de funcţionare:

- INIŢIALIZARE SISTEM;
- PROGRAM DE PORNIRE MOTOR;
- PROGRAM DE MERS MOTOR.

Pe baza fig. 7.1 se poate urmări concepţia generală de control al funcţionării motorului. Astfel, după conectarea alimentării şi resetul sistemului, se execută instrucţiunile de FIXARE 2 INJ/CICLU, aspect necesar pentru a asigura îmbogăţirea amestecului în faza de pornire. Apoi se execută operaţiunile de INIŢIALIZĂRI SISTEM, în care are loc programarea cicuitelor 8253 şi încărcarea secţiunilor acestora cu valorile necesare. După aceste operaţiuni se trece la executarea programului de pornire. Se testează dacă MOTORUL SE ROTEŞTE prin citirea bitului corespunzător $\beta/2$. Testarea se face în buclă, modificarea bitului având semnificaţia rotirii motorului (întrucât se obţine de la traductorul complex antrenat în mişcare de rotaţie de către motor). Când s-a sesizat rotirea motorului se trece la operaţiunea de FIXARE PARAMETRI INJECŢIE/AVANS LA PORNIRE. În acest fel se prescrie o anumită valoare a timpului de injecţie şi se suprimă impulsul de avans prescris, pornirea fiind realizată pe avans zero. După aceste operaţiuni se trece la MĂSURARE TURAŢIE. Pe baza rezultatului măsurării se testează dacă MOTORUL S-A TURAT. Dacă nu s-a atins o turaţie suficientă se revine la începutul programului de pornire. Dacă motorul s-a turat, se testează dacă S-AU EFECTUAT TREI TURE. Operaţia este necesară pentru a permite sincronizarea sistemului electronic de control cu funcţionarea motorului. Dacă nu s-au efectuat trei ture, se revine la începutul programului de pornire. Dacă s-au efectuat trei ture, sistemul este sincronizat şi se testează dacă MOTORUL A PORNIT. Acest fapt este interpretat de sistem cu DA dacă turaţia a depăşit 600 rot/min şi cu NU în caz contrar. Dacă motorul nu a pornit, se revine la începutul programului de pornire. Dacă motorul a pornit, se trece în programul de mers motor. La intrarea în acest program se execută o singură dată operaţia

Scanned with OKEN Scanner

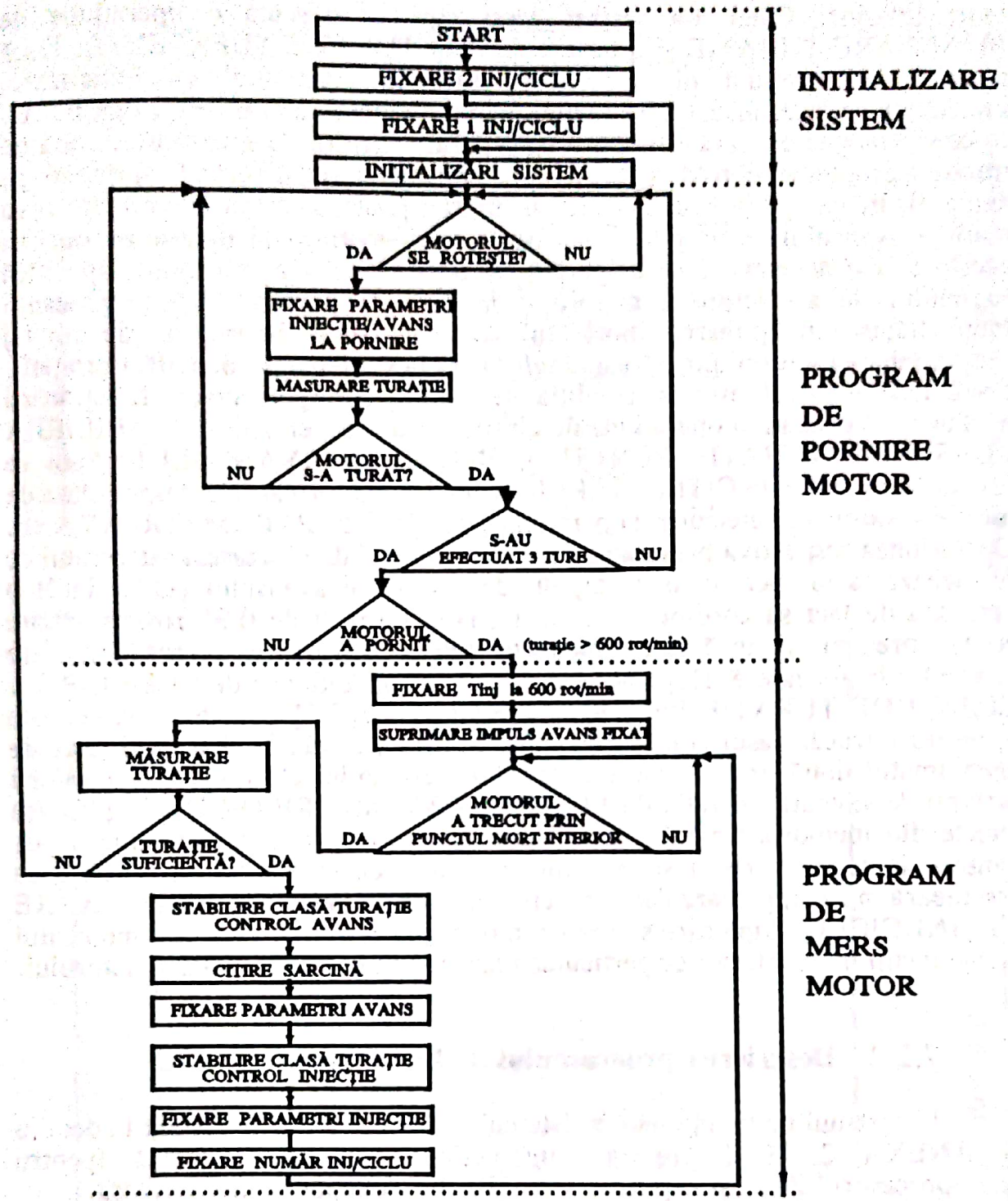


Figura 7.1

de FIXARE Tinj la 600 rot/min şi SUPRIMARE IMPULS AVANS FIXAT (pentru a nu da o scânteie încă incomplet controlabilă), după care programul va fi executat într-o buclă determinată de trecerea motorului prin punctul mort interior. Pentru aceasta se testează dacă MOTORUL A TRECUT PRIN PUNCTUL MORT INTERIOR (pe baza urmăririi schimbării bitului $\beta/2$). Sistemul rămâne în bucla de aşteptare până la sesizarea trecerii prin punctul

Scanned with OKEN Scanner

mort interior. Când s-a sesizat acest fapt se execută o operaţiune de MĂSURARE TURAŢIE şi o testare de tipul TURAŢIE SUFICIENTĂ. Dacă motorul şi-a pierdut din turaţie se sare în programul de iniţializare, selectându-se însă, în această situaţie, modul de lucru cu O INJECŢIE/CICLU. În continuare se execută din nou programul de pornire. Logica acestui mod de tratare a problemei constă în principal în suprimarea impulsului de aprindere pe avans fixat, care, din cauza reducerii turaţiei poate determina o valoare prea mare a avansului ce ar putea „da peste cap" motorul şi determina oprirea acestuia. De asemenea, se asigură şi o îmbogăţire a amestecului, specifică regimului de accelerare a motorului în faza de pornire. Aceste precauţii îmbunătăţesc funcţionarea motorului în cazul unor imprecizii de pilotaj (neschimbarea vitezei într-o treaptă inferioară la scăderea pronunţată a turaţiei). Dacă însă motorul este în condiţia de turaţie corespunzătoare funcţionării normale, se execută o operaţiune de clasificare a turaţiei pentru STABILIREA CLASEI DE TURAŢIE PENTRU CONTROLUL AVANSULUI. Apoi se execută o operaţie de CITIRE SARCINĂ. Pe baza informaţiilor despre clasa de turaţie şi sarcină se efectuează operaţiunea de FIXARE PARAMETRI AVANS. Operaţiunea respectivă presupune fixarea factorului de divizare a astabilului ce furnizează tactul pentru monostabilul de control al avansului (astfel încât o perioadă de tact să corespundă unui avans cuantificat de 0,3° rotaţie arbore cotit), precum şi încărcarea monostabilului cu valoarea corespunzătoare avansului la aprindere. După aceasta se execută operaţiunea de STABILIRE A CLASEI DE TURAŢIE PENTRU CONTROL INJECŢIEI. Operaţiunea este necesară întrucât pasul controlului injecţiei diferă de cel al avansului (este de aproximativ. două ori mai mare). Pe baza rezultatului clasificării şi a valorii sarcinii se execută operaţia de FIXAREA PARAMETRILOR INJECŢIEI (se citeşte din memoria timpului de injecţie valoarea şi se înscrie în timerul de control injecţie). Prin testarea informaţiilor despre turaţie şi sarcină se efectuează în final, pe baza datelor memorate într-un tabel, operaţia de FIXARE NR. INJ/CICLU, după care se revine în bucla de aşteptare a trecerii motorului prin punctul mort interior ce particularizează funcţionarea normală a motorului.

7.2.2. Descrierea programului de funcţionare

Programul de funcţionare a sistemului electronic este prezentat în detaliu în ANEXA 2. Sunt precizate instrucţiunile în limbaj-maşină (pentru microprocesorul Z80) şi explicate semnificaţiile funcţionale ale acestora.

7.3. PROGRAMUL DE FUNCŢIONARE A SISTEMULUI ELECTRONIC DE CONTROL SECVRNŢIAL AL INJECŢIEI DE BENZINĂ ŞI AL APRINDERII

Programul de funcţionare al sistemului este structurat în modul prezentat în fig. 7.2*a, b*.

Se observă trei mari zone ale programului:

- iniţializare sistem;

Scanned with OKEN Scanner

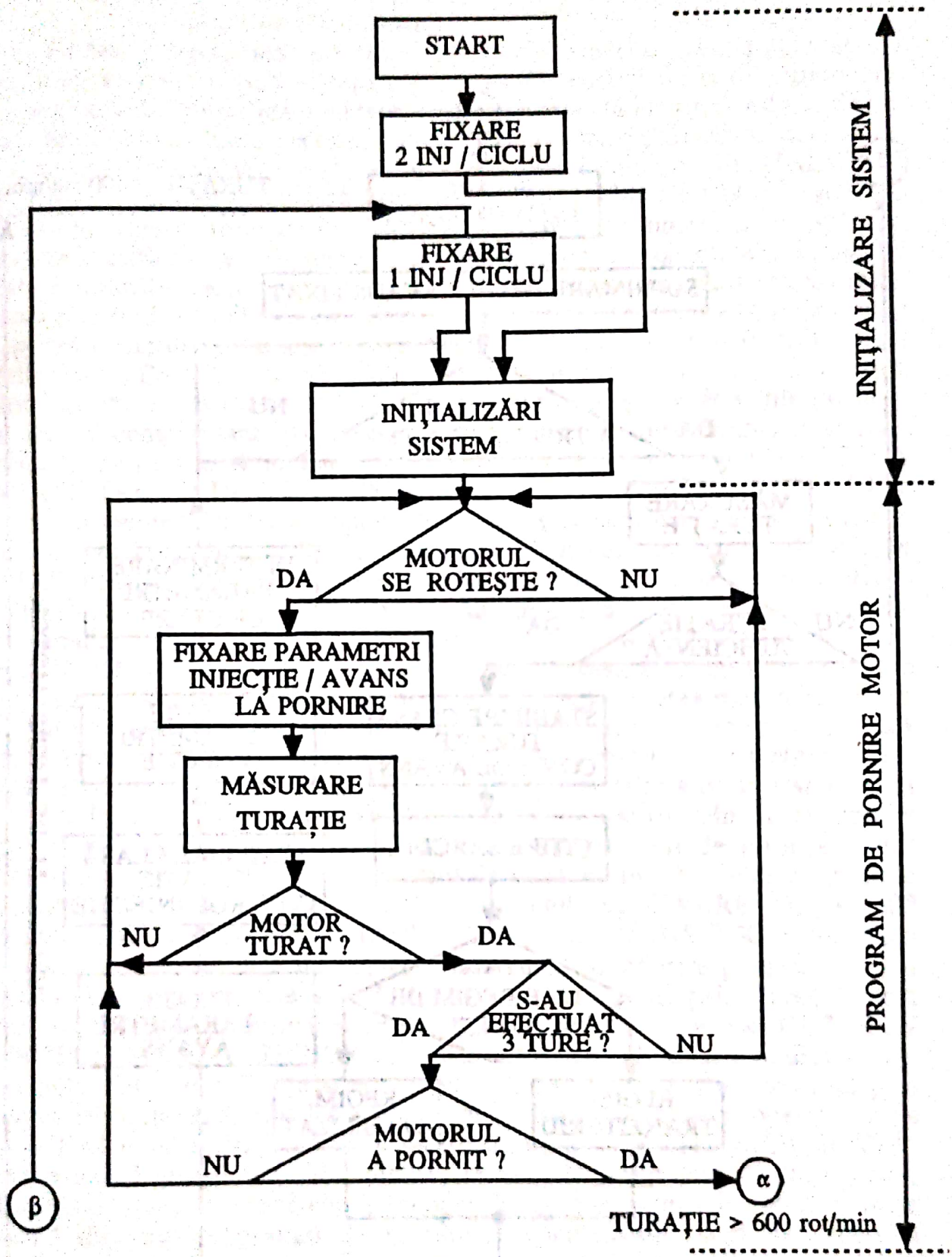


Figura 7.2a

Scanned with OKEN Scanner

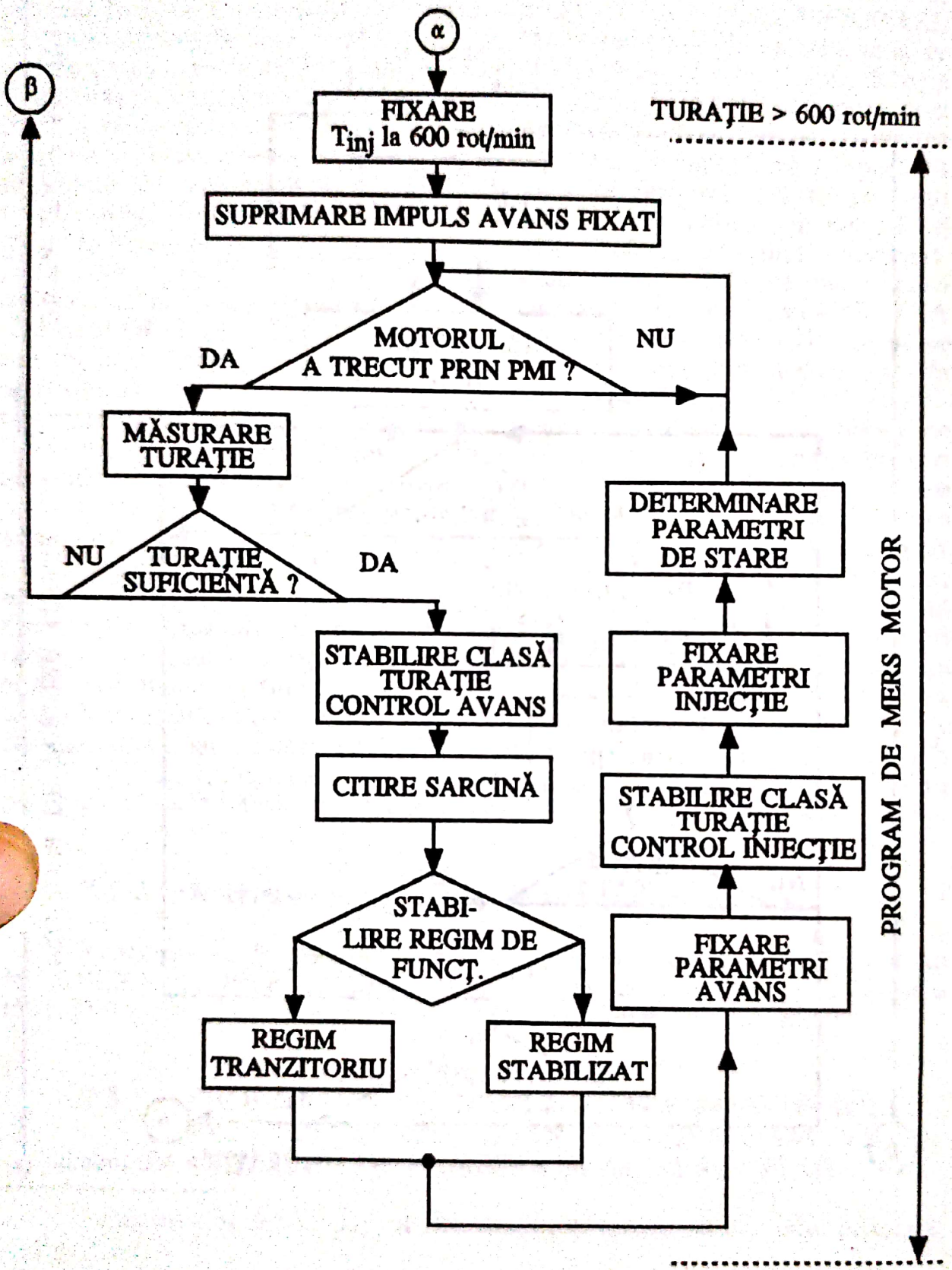


Figura 7.2b

Scanned with OKEN Scanner

- program de pornire motor;
- program de mers motor.

Pe baza organigramei din fig. 7.2 se poate urmări concepţia generală de control al motorului. Astfel, după conectarea alimentării şi resetul sistemului, începe programul **iniţializare sistem**, în care se execută instrucţiunile de fixare două injecţii/ciclu, lucru necesar pentru a asigura îmbogăţirea amestecului în faza de pornire. După aceasta se execută operaţiunile de INIŢIALIZĂRI SISTEM, în care se efectuează programarea circuitelor PIO (8255) şi CTC (8253). În această fază are loc încărcarea secţiunilor timerelor cu valorile necesare specifice. Valorile respective sunt dependente şi de anumiţi parametri de stare, valorile acestor parametri fiind determinate cu ajutorul traductoarelor şi convertorului A/D din sistem. După aceste operaţiuni se trece în **programul de pornire motor**. Se testează dacă MOTORUL SE ROTEŞTE prin citirea bitului b_6 – Port B – 8255 ($\beta_0/2$). Testarea se face în buclă, modificarea valorii acestui bit având semnificaţia rotirii motorului (întrucât se obţine de la traductorul complex antrenat în mişcare de rotaţie de către motor). Când s-a sesizat rotirea motorului,se trece la operaţiunea de FIXARE A PARAMETRILOR DE INJECŢIE ŞI AVANS LA PORNIRE. În acest fel se prescrie o anumită valoare a timpului de injecţie şi se suprimă impulsul de avans prescris, pornirea fiind realizată pe avans zero. După aceste operaţiuni, se trece la MĂSURARE TURAŢIE. Se testează, pe baza măsurărilor, dacă MOTORUL A PORNIT. Dacă nu s-a atins o turaţie suficientă se revine la începutul programului de pornire. Dacă motorul s-a turat, se testează dacă S-AU EFECTUAT TREI TURE. Operaţia este necesară pentru a permite sincronizarea sistemului electronic de control cu funcţionarea motorului. Dacă nu s-au efectuat trei ture, se revine la începutul programului de pornire. Dacă s-au efectuat trei ture, atunci sistemul este sincronizat şi se testează dacă MOTORUL A PORNIT. Acest fapt este interpretat afirmativ de sistem dacă turaţia a depăşit o valoare prestabilită, de exemplu 600 rot/min. În situaţia că motorul nu a pornit, se revine la începutul programului de pornire. Dacă motorul a pornit, se trece în **programul de mers motor**. La intrarea în acest program se execută, o singură dată, operaţiunile de FIXARE Tinj la 600 rot/min. şi de SUPRIMARE A IMPULSULUI CU AVANS FIXAT (pentru a nu apărea o scânteie încă incomplet controlabilă), după care programul va fi executat într-o buclă determinată de trecerea motorului prin punctul mort interior. În scopul menţionat se testează dacă MOTORUL A TRECUT PRIN PUNCTUL MORT INTERIOR (pe baza urmăririi schimbării bitului $\beta_0/2$). Sistemul se află în bucla de aşteptare până la sesizarea trecerii motorului prin punctul mort interior. Când s-a sesizat acest fapt se execută o operaţiune de MĂSURARE A TURAŢIEI şi o testare de tipul TURAŢIE SUFICIENTĂ. Dacă motorul şi-a pierdut din turaţie, se sare în programul de iniţializare, selectându-se însă în această situaţie modul de lucru cu o injecţie/ciclu. Apoi se execută din nou programul de pornire. Logica acestui mod de tratare a problemei constă în principal în suprimarea impulsului de aprindere pe avans fixat, care, din cauza reducerii turaţiei, poate determina o valoare prea mare a avansului ce ar putea „da peste cap" motorul şi determina oprirea acestuia. De asemenea, se asigură şi o îmbogăţire a amestecului specifică regimului de

Scanned with OKEN Scanner

accelerare în faza de pornire. Aceste precauţii îmbunătăţesc funcţionarea motorului în cazul unor imprecizii de pilotaj (cum ar fi neefectuarea manevrei de schimbare a vitezei într-o treaptă inferioară la scăderea pronunţată a turaţiei). Dacă însă motorul se găseşte în condiţia de turaţie corespunzătoare funcţionării normale se execută o operaţiune de clasificare a turaţiei pentru STABILIREA CLASEI DE TURAŢIE PENTRU CONTROLUL AVANSULUI. În continuare aceasta se efectuează o testare STABILIRE REGIM DE FUNCŢIONARE, unde se stabileşte dacă motorul este în REGIM STABILIZAT sau în REGIM TRANZITORIU (accelerare sau decelerare). După aceasta se execută o operaţiune de CITIRE SARCINĂ, informaţia fiind codificată pe un număr de biţi corespunzător (de exemplu, 6). Sarcina este măsurată pe baza rezultatului comparaţiei anterioare de stabilire a regimului de funcţionare. În situaţia că sarcina citită se modifică (regim tranzitoriu), se foloseşte ca mărime a sarcinii unghiul de deschidere a obturatorului de aer, iar în cazul regimului staţionar sarcina va fi măsurată pe baza unei conversii A/D (prin debitul masic de aer sau depresiunea din galeria de admisie). În acest fel se îmbină performanţele de precizie a dozajului pentru regimul staţionar cu promptitudinea răspunsului în regimurile tranzitorii.

După stabilirea mărimilor sarcină şi clasă de turaţie pentru controlul avansului se efectuează în continuare operaţiunea FIXARE PARAMETRI AVANS. Această operaţiune presupune stabilirea factorului de divizare al astabilului ce furnizează tactul pentru monostabilul de control al avansului, precum şi încărcarea monostabilului cu valoarea corespunzătoare avansului la aprindere. După acesta se execută operaţiunea de STABILIRE CLASĂ DE TURAŢIE - CONTROL INJECŢIE. Operaţiunea este necesară întrucât pasul controlului injecţiei diferă de cel al avansului (este de aproximativ două ori mai mare). Ca şi în cazul avansului, clasa de sarcină se stabileşte în funcţie de regimul de funcţionare a motorului. Pe baza clasei de turaţie – control injecţie şi a clasei de sarcină se execută operaţiunea FIXARE PARAMETRI INJECŢIE (din memoria timpului de injecţie se citeşte valoarea corespunzătoare regimului de funcţionare). În acest punct al programului se determină adresa timerului de control injecţie ce trebuie înscris, pe baza informaţiei preluate de la ieşirea „faze de lucru“ a traductorului complex.

În final, în funcţie de o anumită strategie, se execută o DETERMINARE A PARAMETRILOR DE STARE. Valorile acestor parametri, de interes pentru buna funcţionare a motorului, vor fi folosite pentru realizarea unor corecţii asupra mărimilor timp de injecţie şi avans.

Scanned with OKEN Scanner

8

ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE

Folosind echipamentele descrise anterior s-au realizat următoarele elemente necesare în dezvoltarea echipamentelor de injecţie electronică:

- s-au determinat caracteristicile de dozaj ale unor electroinjectoare (fig. 5.5, 5.6, 5.7);
- s-a cartografiat motorul automobilului ARO, folosind standul de încercări ale motoarelor cu injecţie controlat cu logică cablată (§ 5.4);
- datele experimentale au fost prelucrate pe calculator, obţinându-se (în grafică 3D) cartogramele corespunzătoare timpului de injecţie, fig. 8.1, respectiv avansului la aprindere, fig. 8.2;
- datele experimentale au fost înscrise în memoria unui sistem cu microprocesor pentru controlul injecţiei de benzină şi al aprinderii de tipul descris în § 6.2. Apoi s-au efectuat o serie de operaţiuni de adaptare pentru o comportare adecvată în mers a automobilului. Au urmat 1 500 km probe de mers, care, împreună cu probele de stand, au pus în evidenţă următoarele performanţe:

– reducerea consumului de carburant, în comparaţie cu motorul echipat cu carburator, cu 18,75 % (13 l/100km faţă de 16 l/100km). Trebuie menţionat faptul că probele de mers s-au efectuat în condiţii extrem de dure (ninsoare, ceaţă, viscol, polei), automobilul comportându-se excelent;

– creşterea puterii maxime dezvoltate de motor cu 19% (de la valoarea de 84 la 100 CP);

– obţinerea unei caracteristici cuplu-turaţie mult mai plate;

– comportare în mers (*driveability*) mult îmbunătăţită, în special datorită creşterii puterii maxime şi aplatizării caracteristicii cuplu-turaţie;

– reducerea nivelului de poluare cu monoxid de carbon (pentru care s-a dispus de aparat de măsurare).

Această fază a cercetării a pus în evidenţă şi o serie de limitări a echipamentelor realizate, legate în special de flexibilitatea extrem de redusă a standului cu logică cablată, ceea ce a impus multe modificări ale circuitelor pe măsură ce cercetarea înainta. Ceea ce s-a prezentat în § 5.4 reprezintă varianta finală la care a ajuns standul cu logică cablată.

Pe baza acestei experienţe s-a abordat o a doua fază a cercetărilor, pentru motoare DACIA, corespunzător cărora s-a realizat în primul rând un stand de

Scanned with OKEN Scanner

încercări ale motoarelor cu injecţie controlat cu microcalculator (§ 5.6) ce a permis verificarea mult mai uşoară a unor ipoteze, prin flexibilitatea asigurată de o programare adecvată. S-a lucrat în limbaj evoluat TURBO PASCAL, cu toate avantajele ce decurg de aici. Chiar dacă microcalculatorul de care s-a dispus (CUB Z) nu este deosebit de performant, printr-o proiectare adecvată a structurii hardware şi cu un software bine orientat, performanţele globale au fost deosebite. În prezent s-a finalizat şi o structură de comandă a standului cu calculator compatibil IBM, cu flexibilitate deosebită [14].

Folosindu-se standul controlat de microcalculator s-au efectuat o serie de teste cu motorul DACIA de 1,4 l, pentru care s-au evidenţiat următoarele aspecte:

- s-a trecut la un tip secvenţial de control al injecţiei, fiecare cilindru fiind deservit de timere proprii;
- s-a adaptat la motor un dispozitiv de control al aerului suplimentar, cu posibilitatea stabilizării turaţiei de mers în gol. Debitul de aer controlat de acest dispozitiv a permis motorului să dezvolte o putere de aproximativ 2,5 CP în domeniul turaţiilor joase, ceea ce este suficient pentru a avea rezerva de putere necesară stabilizării turaţiei de mers în gol;
- s-a introdus o sondă λ pentru controlul dozajului în vederea utilizării convertorului catalitic pentru reducerea poluării;
- s-a prevăzut posibilitatea controlului cu precizie a momentului de începere a injecţiei de benzină (prin întârzierea acestui moment faţă de deschiderea supapei de admisie). Prin acumularea amestecului în zona porţii supapei, se poate realiza o omogenizare mai bună prin alegerea optimă a momentului de început al injecţiei. A existat astfel posibilitatea de a evidenţia o reducere a consumului de benzină de cca. 8% (la un punct de control de 2 000 rot/min, 12 CP), faţă de soluţia începerii injecţiei la trecerea motorului prin p.m.i.. Rezultatul s-a obţinut la o întârziere de 270° RAC după p.m.i.. S-a evidenţiat şi reducerea poluării prin acest mijloc.

Pe baza structurilor testate la standul cu microcalculator, s-a proiectat şi realizat un sistem electronic pentru controlul secvenţial al injecţei şi al aprinderii (§ 6.5). Sistemul, testat prin simulări adecvate, permite transferul performanţelor, obţinute la stand, sistemului de control de pe automobil.

Anumite aspecte teoretice sunt puse în evidenţă şi de cartogramele din fig. 8.1 şi 8.2. În primul rând se evidenţiază complexitatea dependenţelor între mărimile de intrare şi cele reglate. Dacă pentru cartograma timpului de injecţie se pot observa anumite comportări descriptibie prin intremediul unor reguli (se pot explica prin mecanismele de umplere a cilindrilor), pentru avansul la aprindere acest lucru nu este posibil (cel puţin la prima vedere). Calitatea controlului asupra mărimilor de interes presupune prin urmare memorarea unui volum mare de date, informaţiile fiind obţinute prin probe de stand adecvate.

Scanned with OKEN Scanner

CARTOGRAMA INJECTIE

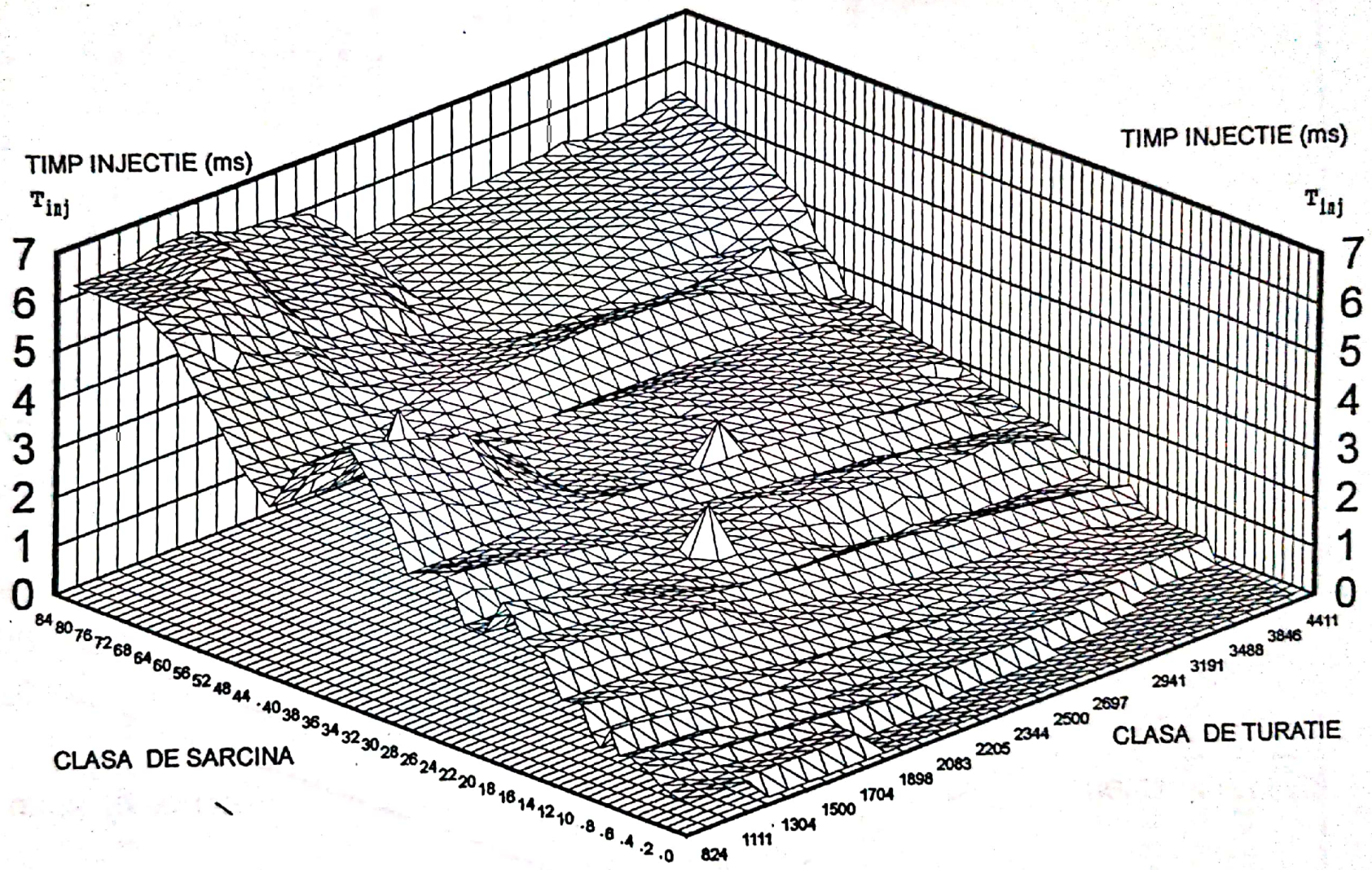


Figura 8.1

Scanned with OKEN Scanner

CARTOGRAMA AVANS

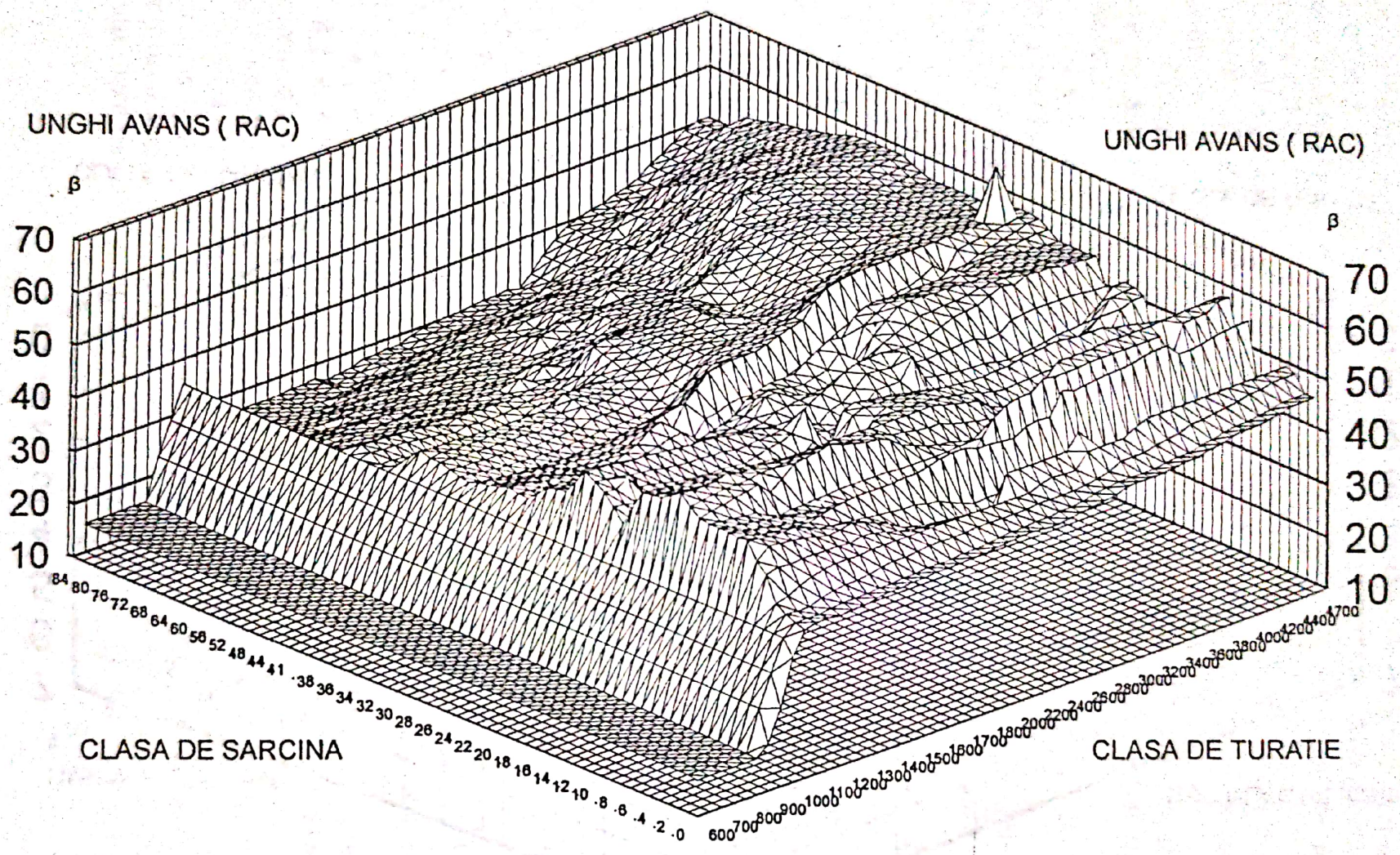


Figura 8.2

Scanned with OKEN Scanner

PROGRAMUL DE FUNCŢIONARE A CALCULATORULUI CE DESERVEŞTE STANDUL EXPERIMENTAL PENTRU MOTOARE CU INJECŢIE ELECTRONICĂ

```
{ Program control motor şi extragere date experimentale}

program ContMotg1;

var
iinj,setinj,oldinj,oldturatie,oldacc,oldavans,clapeta:integ
er;
betadel,Tinj,tavans:integer;
prag,prag1,turatie:integer;
i,gg:integer;
betamax:byte; { d7 in port $a0 activ in 0 }
betazero:byte; { d6 port $a0 activ in 0 }
 {$i ecran.pas}
 { port adresă $A0: d6=sprit  1=inj. activ
                    d3=nr. inj/ciclu 0=2 inj/ciclu
                                     1=1 inj/ciclu }

procedure stopavans; { inhibă inp. avans }
    begin
     port[$e3]:=$b0;
     port[$e2]:=$ff;
     port[$e2]:=$ff;
    end;

procedure gol(g:integer);
    begin
inline($3e/$36/$d3/$d3/$3e/$ff/$d3/$d0/$3e/$3f/$d3/$d0);
inline($3e/$72/$d3/$d3/$2a/g/$7d/$d3/$d1/$7c/$d3/$d1);
end;

procedure avans;
   { delay aprindere faţă de beta max  *120 microsec }
begin
   { port[$e3]:=$B2; }    { control word mod 1, canal 2 }
   { port[$e2]:=$00; }    { octet low }
   { port[$e2]:=Tavans; }  { octet high = n*120 microsec. }
```


Scanned with OKEN Scanner

```
inline($3e/$b2/$d3/$e3/$2a/tavans/$7d/$d3/$e2/$7c/$d3/$e2);
end;

procedure injECT;
  { durată injecţie *120 microsec. }
begin
  { port[$e3]:=$72; } { control word mod 1, canal 1 }
  { port[$e1]:=$00; } { low }
  { port[$e1]:=Tinj; } { high * 120 microsecunde }
inline($3e/$72/$d3/$e3/$2a/tinj/$7d/$d3/$e1/$7c/$d3/$e1);
end;

procedure del_inj;
   { delay injecţie faţă de beta zero }
begin
  { port[$e3]:=$32; }  { control word mod 1, canal 0 }
  { port[$e0]:=$00; }
  { port[$e0]:=a1; } { h* 120 microsec }
inline($3e/$32/$d3/$e3/$2a/betadel/$7d/$d3/$e0/$7c/$d3/$e0);
end;

procedure get_turatie; { determină turaţie motor }
var
cont:integer;
   { d7= 0 beta max. activ }
s1:byte;
sta:array[1..20] of integer;
label 111,112,113,114;
begin
    turatie:=0;
         cont:=0;
            111: s1:=port[$a0] and $80;
              if s1=0 then  { aştept beta max. activ }
                 goto 111;
           112: s1:=port[$a0] and $80;
              if s1=$80 then
                 goto 112;  { aştept dezactivare beta max }
            113:  s1:=port[$a0] and $80;
                  if s1=0 then
            begin
                cont:=cont+1;
                goto 113;
            end;
           turatie:=cont;
end;  { get_turaţie }  { sta[i1]:=cont; }
                       { end }

procedure step(dir,pas,vit:integer); { dir=1 inchide }
 { control clapeta aer }
var dirstep:byte;
begin
      if dir=1 then
         dirstep:=$ff
         else dirstep:=$7f;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
      port[$a1]:=dirstep;
      for i:=1 to pas do
         begin
           dirstep:=dirstep and $b0; { pas in 1 }
           port[$a1]:=dirstep;
           delay(vit);
           dirstep:=dirstep or $40;    { pas in 0 }
           port[$a1]:=dirstep;
           delay(vit);
         end;
end;

procedure init; { închide clapeta aer }
VAR limit:byte;
label 11;
    begin
 11:    limit:=port[$a0] and $20;
           if limit<>0 then { 1 deschis }
           begin
             step(1,1,3); { închide un pas }
             goto 11;
             end;
  oldinj:=1;oldturatie:=1;oldacc:=1;oldavans:=1;
        clapeta:=0;
        tinj:=5000; {10500}
        tavans:=10000;  { iniţializări globale }
       turatie:=100;
       betadel:=5;
writeln('     CLAPETA   INCHISA   ,   APASATI   O   TASTA   PT.
CONTINUARE');
repeat until keypressed;
end;

procedure sprit; { comandă amestec la pornire }
var sp:integer;
      W1:CHAR;
      LABEL Ss1;
       begin
       port[$a0]:=$00; { forţează ieşiri }
       clrscr;
       gotoxy(8,14);write('Introduceti tinjpornire (ms)
= ');readln(iinj);
       tinj:=round(iinj/0.004);
       gotoxy(8,15);write('Introduceti tinject automat (ms)
= ');readln(setinj);
       gotoxy(8,16);write('Durata sprit (ms)
= ');readln(sp);
       gotoxy(8,17);write('Prag  comutare regim (rot/min)
= ');readln(prag1);
       prag:=round(2.31e5/prag1);
       gotoxy(8,18);write('Nivel mers in gol (max 15000)
= ');readln(gg)
ss1: writeln(#07,#07,#07);
       clrscr;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
      gotoxy(10,16);
       WRITELN('APASATI F1 PENTRU TRANSMITERE LA MOTOR');
       READ(KBD,w1);
       if ord(w1)<>32 then goto ss1;
         gol(gg);
         port[$a0]:=$40; { impuls spriţ }
         delay(round(sp*1.25));
         port[$a0]:=$00; { poziţionează 2 injecţii/ciclu) }
 end;

procedure show;  { afişează pe ecran parametrii }
var x,y,z,r,p:real;
begin
     x:=tavans*0.0004;
     y:=tinj*0.004;
     z:=2.31140e5/turatie;
     r:=64 - 6.e-3 * z * x;
     p:=2.4e-5 * betadel * z;
     afis(y,p,r,clapeta/10,z);
       ac_avans(trunc(r*2));
         ac_inj(trunc(y*2));
            ac_ac(trunc(clapeta/5));
            ac_turatie(trunc(z/10));
         gotoxy(8,15);writeln(gg:6);
    end; { show }

procedure getkey; { interogare operator }
var ch1:char;
label g1,g2;
begin
     avans;
     clrscr;
     ecran;
     show;
     get_turatie;
     show;
     GOTOxy(15,23);
     highvideo;
   { WRITELN('FUNCTIONARE APRINDERE NORMALA  ( apasati ESC
pt.oprire )');}
g2:  read(kbd,ch1);
     case ord(ch1) of  { detecţie comenzi }
   103:begin
         betadel:=betadel+25;
         del_inj;end;
    7:begin
         betadel:=betadel+250;
         del_inj;end;
    101:begin
        if betadel>26 then
          begin
            betadel:=betadel - 25;
             del_inj;end;
        end;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
 5:begin
   if betadel>251 then
   begin
      betadel:=betadel - 250;
        del_inj;end;  { control delay }
  end;
114:begin  { deschide clapeta }
     if clapeta<859 then
      begin
        step(0,1,8);
         clapeta:=clapeta + 1;end;
      end;
  112:begin   { închide clapeta }
      if clapeta>0 then
        begin
         step(1,1,8);
          clapeta:=clapeta -1;end;
      end;
    18:begin
       if clapeta<850 then
         begin
            step(0,10,8);
             clapeta:=clapeta +10;end;
       end;
   16:begin
       if clapeta>10 then
         begin
           step(1,10,8);
            clapeta:=clapeta -10;end;
      end;
  21:begin
       Tinj:=Tinj + 3; { reglaj fin injecţie }
       inject;end;
  14:begin
       Tinj:=Tinj +25; { reglaj brut injecţie }
       inject;end;
     8:begin
        if tinj>3 then
         begin
            Tinj:= Tinj - 3;
             inject;end;
       end;
       12:begin
         if tinj>26 then
           begin
             Tinj:=Tinj-25;
              inject;end;
         end;
   26:begin
       if tavans>26 then
        begin
            Tavans:=Tavans -25; { 4 microsec }
             avans;end;
      end;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
          11:begin
             if tavans>251 then
                begin
                  Tavans:=Tavans - 250;
                   avans;end;
             end;
              10:begin  { avans fin }
                  Tavans:=Tavans + 25;
                  avans;end;
                15:begin  { avans brut }
                  Tavans:=Tavans +250;
                  avans;end;
              102:begin
                   if gg<14990 then
                     begin
                       gg:=gg+10;
                       gol(gg);
                         end;
                end;
               6:begin
                   if gg<14900 then
                     begin
                       gg:=gg+100;
                       gol(gg)
                         end;
                end;
              105:begin
                    if gg>11 then
                      begin
                        gg:=gg-10
                        gol(gg)
                          end:
                end:
                9:begin
                   if gg>110 then
                     begin
                       gg:=gg-100
                       gol(gg)
                         end;
                end;
               27:goto g1;
          end; { case }
        get_turatie;
      show;
    goto g2;
g1:end;  { getkey }

procedure initkey;
var ch1:char;
label ee1,ee2;
begin
     clrscr;
     ecran;
     turatie:=130;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
     SHOW;
     GOTOxy(15,23);
     highvideo;
     WRITELN('Disparitia acestui mesaj = ok ');

    stopavans;
ee2:   get_turatie;
   if turatie<prag then goto ee1;
goto ee2;    { test key }
ee1:port[$a0]:=$08; { setez 1 injecţie/ciclu }
end;  { initkey }

procedure motorinit; { controlează ctc pt motor }
  begin
    del_inj;
    inject;
    stopavans;
  end;

procedure stop;
var i:integer;
begin
     for i:=1 to 20000 do
      begin
         tinj:=0;
         inject;
        stopavans;
      end;
 clrscr;
 gotoxy(20,10);
 writeln( '  DACA AI CURAJ.....MAI INCEARCA ( POTI ) !!! ');
  highvideo;
 END;
      begin  { main }
            init;
               sprit; { setează 2 injecţii/ciclu +şpriţ }
               motorinit;
                 initkey; { setează 1 injecţie/ciclu }
                    tinj:=round(setinj/0.004);inject;
                    getkey;
                       STOP;

      end.

{ Modul afişare grafică parametri motor }

{ var i,j,oldinj,oldturatie,oldacc,oldavans:integer; }

procedure oldinit;
        begin
        oldturatie:=1;oldinj:=1;
        oldavans:=1;oldacc:=1;end;

 procedure plot(x,y :integer); { pixel de coordonate x, y }
```


Scanned with OKEN Scanner

```
  begin
   inline($CD/*+2/$E1/$11/$0B/$00/$B7/$ED/$52/$5E/$23/$56/
          $1A/$23/$23/$23/$5E/$23/$56/$EB/$5E/$23/$56/$EB/
          $4F/$3E/$02/$CD/$27/$F8)
  end;

procedure draw(x,y,a,b,mode :integer); { linie, tip linie }
  begin
   inline($CD/*+2/$E1/$11/$17/$00/$B7/$ED/$52/$5E/$23/$56/
          $1A/$F5/$06/$04/$23/$23/$23/$5E/$23/$56/$E5/$EB/
          $5E/$23/$56/$E1/$D5/$10/$F1/$D1/$C1/$79/$E1/$C1/
          $47/$F1/$CD/$2D/$F8)
  end;

procedure cadru(x,y,l,h:integer);  { dreptunghi }
       begin
         draw(x,y,x,y+h,1);
         draw(x,y+h,x+l,y+h,1);
         draw(x+l,y+h,x+l,y,1);
         draw(x+l,y,x,y,1);
         end;
procedure bar(x,y,l,h:integer);  { cadru cu nivel mobil }
var p:integer;
   begin
      for p:=0 to h do
          draw(x,y+p,x+l,y+p,1);end;
procedure ac_turatie(alfa:integer); { afişare ac turometru }
   begin
       draw(250,13,50+oldturatie,70,4);
          draw(250,13,50+alfa,70,1);
             oldturatie:=alfa;
                end;
procedure ac_ac(alfa:integer);     { afişare clapetă aer }
   begin
      draw(350,121,250+oldacc,179,4);
         draw(350,121,250+alfa,179,1);
            oldacc:=alfa;
              end;
procedure ac_avans(alfa:integer);  { afişare avans }
   begin
       draw(140,121,50+oldavans,168,4);
          draw(140,121,50+alfa,168,1);
             oldavans:=alfa;
                end;
procedure ac_inj(alfa:integer);   {  afişare injecţie }
  begin
       draw(42,201,40+oldinj,220,4);
          draw(42,201,40+alfa,220,1);
             oldinj:=alfa;
                end;
procedure ecran;                  { desenare bord }
   begin
      clrscr;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
  begin
   inline($CD/*+2/$E1/$11/$0B/$00/$B7/$ED/$52/$5E/$23/$56/
          $1A/$23/$23/$23/$5E/$23/$56/$EB/$5E/$23/$56/$EB/
          $4F/$3E/$02/$CD/$27/$F8)
  end;

procedure draw(x,y,a,b,mode :integer); { linie, tip linie }
  begin
   inline($CD/*+2/$E1/$11/$17/$00/$B7/$ED/$52/$5E/$23/$56/
          $1A/$F5/$06/$04/$23/$23/$23/$5E/$23/$56/$E5/$EB/
          $5E/$23/$56/$E1/$D5/$10/$F1/$D1/$C1/$79/$E1/$C1/
          $47/$F1/$CD/$2D/$F8)
  end;

procedure cadru(x,y,l,h:integer);  { dreptunghi }
       begin
         draw(x,y,x,y+h,1);
         draw(x,y+h,x+l,y+h,1);
         draw(x+l,y+h,x+l,y,1);
         draw(x+l,y,x,y,1);
         end;
procedure bar(x,y,l,h:integer);  { cadru cu nivel mobil }
var p:integer;
   begin
      for p:=0 to h do
          draw(x,y+p,x+l,y+p,1);end;
procedure ac_turatie(alfa:integer); { afişare ac turometru }
   begin
       draw(250,13,50+oldturatie,70,4);
          draw(250,13,50+alfa,70,1);
             oldturatie:=alfa;
                end;
procedure ac_ac(alfa:integer);     { afişare clapetă aer }
   begin
      draw(350,121,250+oldacc,179,4);
         draw(350,121,250+alfa,179,1);
            oldacc:=alfa;
              end;
procedure ac_avans(alfa:integer);  { afişare avans }
   begin
       draw(140,121,50+oldavans,168,4);
          draw(140,121,50+alfa,168,1);
             oldavans:=alfa;
                end;
procedure ac_inj(alfa:integer);   {  afişare injecţie }
  begin
       draw(42,201,40+oldinj,220,4);
          draw(42,201,40+alfa,220,1);
             oldinj:=alfa;
                end;
procedure ecran;                  { desenare bord }
   begin
      clrscr;
```


Scanned with OKEN Scanner

```
cadru(0,0,511,255);
   cadru(2,2,507,251);cadru(4,4,503,247);

cadru(7,7,20,180);bar(9,9,16,50);
    cadru(483,7,20,180);bar(485,9,16,150);

lowvideo;gotoxy(7,0);
write('I.P.Iasi        Engine Computer Driver
I.N.M.T. filiala Iasi ');
highvideo;

gotoxy(3,10);write('F',#$8,#$a,'U',#$8,#$a,'E',#$8,#$a,'L');
gotoxy(80,30);write('T',#$8,#$a,'I',#$8,#$a,'M',#$8,#$a,'E');

   lowvideo;

      cadru(40,200,120,24);
      gotoxy(8,3);write('T_injectie [milisec]');

      oldinit;
       cadru(260,200,189,24);
       gotoxy(44,3);write('       Delay Injectie [grd]
');

     cadru(48,120,180,52);
     gotoxy(9,8);write('1                                    10');
  gotoxy(10,13);write('Avans[g]');

     cadru(247,120,203,63);
     gotoxy(42,7);write('1
10');
  gotoxy(43,13);write('Acc. [grd]');

        cadru(50,10,400,70);
        cadru(51,11,398,68);
        cadru(52,12,396,66);
        gotoxy(9,17);
 write('1
               100');
  gotoxy(11,24);write('Turatie[ rpm ]');
  end;  {   ecran }
procedure afis(tin,delinj,avan,accel,tur:real); {actualizare
parametri}
    begin
       lowvideo;
       gotoxy(54,5);write(delinj:6:2);
         gotoxy(31,13);write(avan:6:2);
           gotoxy(68,13);write(accel:6:2);
             gotoxy(68,24);write(tur:7:2);
               gotoxy(21,5);writeln(tin:6:2);
    end;
```

Scanned with OKEN Scanner

PROGRAM DE FUNCŢIONARE A SISTEMULUI DE INJECŢIE ELECTRONICĂ (VARIANTA PENTRU MOTOR ARO)

INIŢIALIZĂRI SISTEM

```
0000' 32 E002      LD (0E002H),A ;selectează 2 injecţii/ciclu
0003' 18 03        JR N1
0005' 32 E001 P3:  LD (0E001H),A ;selectează 1 injecţie/ciclu
0008' 3E E001 N1:  LD A,10H      ;C0/8253/4 MOD 0 (INJECŢIE)
000A' 21 8003      LD HL,8003H   ;registru control 8253/4
000D' 77           LD (HL),A
000E' 3E 70        LD A,70H      ;C1/8253/4 MOD 0, 2 octeţi
                                 ;(măsurare T)
0010' 77           LD (HL),A
0011' 3E B6        LD A,0B6H     ;C2/8253/4 MOD 3, 2 octeţi
                                 ;(tact măsurare T rotaţie)
0013' 77           LD (HL),A
0014' 2B           DEC HL        ;adresă 8253/4 C2 (divizor
                                 ;tact măsurare T rotaţie)
0015' 36 D0        LD (HL),0D0H  ;octet inferior şi superior
0017' 36 07        LD (HL),07H   ;pentru divizare cu 2000 =
                                 ;07D0H
0019' 2B           DEC HL        ;adresă C1/8253/4
                                 ;(NUMĂRĂTOR
                                 ;măsurare T rotaţie)
001A' 36 FF        LD (HL),0FFH  ;octet inferior iniţializare
                                 ;NUMĂRĂTOR măsurare
                                 ;Trotaţie
001C' 36 FF        LD (HL),0FFH  ;octet superior iniţializare
                                 ;NUMĂRĂTOR măsurare rotaţie
001E' 2B           DEC HL        ;adresă C0/82T53/4 (TIMER
                                 ;INJECŢIE)
001F' 36 03        LD (HL),03H   ;timp de injecţie fals scurt
                                 ;pentru a nu „îneca" motorul
0021' 3E 30        LD A,30H      ;C0/8253/5 MOD 0 2 octeţi
                                 ;măsurare T rotaţie
0023' 21 A003      LD HL,0A003H  ;adresă registru de control
                                 ;8253/5
0026' 77           LD (HL),A     ;încarcă cuvânt control
0027' 3E 72        LD A,72H      ;C1/8253/5 MOD 1, 2 octeţi
```


Scanned with OKEN Scanner

```
                                    ;control APRINDERE,
                                    ;monostabil
0029' 77          LD (HL),A         ;încarcă cuvânt control
002A' 3E B6       LD A,0B6H         ;C2/8253/5 MOD 3, 2 octeţi
                                    ;DIVIZOR AVANS, astabil
002C' 77          LD (HL),A         ;încarcă cuvânt control
002D' 2B          DEC HL            ;adresă numărător C2/8253/5
002E' 36 FF       LD (HL),0FFH      ;factor divizare AVANS
0030' 36 FF       LD (HL),0FFH      ;FFFFH-pornire βo (avans 0)
0032' 2B          DEC HL            ;adresă numărător C1/8253/5
0033' 36 FF       LD (HL),0FFH      ;temporizare AVANS
0035' 36 FF       LD (HL),0FFH      ;FFFFH-pornire βo (avans 0)
0037' 2B          DEC HL            ;adresă C0/8253/5 TIMER
                                    ;măsurare T rotaţie
0038' 36 FF       LD (HL),0FFH      ;octet inferior iniţializare
                                    ;măsurare T rotaţie
003A' 36 FF       LD (HL),0FFH      ;octet superior iniţializare
                                    ;măsurare T rotaţie
003C' 2E 03       LD L,03H          ;număr de ture neconsiderate
                                    ;la măsurare T rotaţie pentru
                                    ;sincronizare motor
```

PROGRAM PORNIRE MOTOR

```
003E' 3A 6000     LD A,(6000H)      ;adresă circuit intrare 8212
0041' 5F          LD E,A            ;E-păstrează imagine 8212
0042' 3A 6000 E1: LD A,(6000H)      ;citire 8212 -buclă
0045' AB          XOR E             ;se verifică modificările
                                    ;circuitului intrare 8212
0046' CB 77       BIT 6,A           ;testare βmax/2 - sesizare
                                    ;rotire motor
0048' 28 F8       JR Z,E1           ;se aşteaptă modificarea
                                    ;bitului βmax/2 -sesizare
                                    ;rotire motor
004A' 3E 32       LD A,32H          ;timp injecţie pornire 1.8 ms
004C' 32 8000     LD (8000H),A      ;încărcare timer injecţie
004F' 3A 6000     LD A,(6000H)      ;citeşte circuit intrare 8212
0052' 5F          LD E,A            ;E -păstrează imagine 8212
0053' CB 77       BIT 6,A           ;testare βmax/2 pentru stabi-
                                    ;lire timer măsurare Trotaţie
0055' 28 29       JR Z,E2           ;dacă βmax/2=0 citeşte
                                    ;numărătorul C0/8253/5
0057' 3A 8001     LD A,(8001H)      ;citeşte octet inferior din
                                    ;numărătorul C1/8253/4
005A' 67          LD H,A            ;H -păstrează valoare timer
005B' 3A 8001     LD A,(8001H)      ;citeşte octet superior
                                    ;numărător C1/8253/4
005E' EE FF       XOR 0FFH          ;compară octetul superior cu
                                    ;FF - dacă este egal, turaţie
                                    ;mare
0060' 28 0F       JR Z,P1           ;salt la tratare turaţie mare
```

motorul are turaţie foarte mică

```
0062' 3E 70       LD A, 70H         ;reprogram. C1/8253/4 MOD0
```


Scanned with OKEN Scanner

```
0064' 32 8003      LD (8003H),A   ;registru control 8253/4
0067' 3E FF        LD A,0FFH      ;reinițializare numărător
                                  ;C1/8253/4
0069' 32 8001      LD (8001H),A   ;încarcă octet inferior FF
006C' 32 8001      LD (8001H),A   ;încarcă octet superior FF
006F' 18 D1        JR E1          ;revenire în programul
                                  ;pornire motor

            motorul s-a turat. Turație suficientă?
0071' 3E 70  P1:   LD A,70H       ;reprogram. C1/8253/4 MOD0
0073' 32 8003      LD (8003H),A   ;registru control 8253/4
0076' 3E FF        LD A,0FFH      ;reinițializare numărător
                                  ;C1/8253/4
0078' 32 8001      LD (8001H),A   ;încarcă octet inferior FF
007B' 32 8001      LD (8001H),A   ;încarcă octet superior FF
007E' 18 27        JR E3          ;stabilire turație
0080' 3A A000 E2:  LD A,(0A000H)  ;citește octet inferior din
                                  ;numărătorul C0/8253/5
0083' 67           LD H,A         ;H -păstrează valoare timer
0084' 3A A000      LD A,(0A000H)  ;citește octet superior din
                                  ;numărătorul C0/82253/5
0087' EE FF        XOR 0FFH       ;compară octet superior cu FF
                                  ;-dacă este egal,turație mare
0089' 28 0F        JR Z,P2        ;tratare turație mare

            motorul are turație foarte mică
008B' 3E 30        LD A,30H       ;reprogram. C0/8253/5 MOD0
008D' 32 A003      LD (0A003H),A  ;registru control 8253/5
0090' 3E FF        LD A,0FFH      ;reinițializare numărător
                                  ;C0/8253/5
0092' 32 A000      LD (0A000H),A  ;încarcă octet inferior FF
0095' 32 A000      LD (0A000H),A  ;încarcă octet superior FF
0098' 18 A8        JR E1          ;revenire în PROGRAMUL DE
                                  ;PORNIRE MOTOR

            motorul s-a turat. Turație suficientă?
009A' 3E 30 P2:    LD A,30H       ;reprogramează numărător
                                  ;C0/8253/5 MOD 0
009C' 32 A003      LD (0A003H),A  ;registru control 8253/5
009F' 3E FF        LD A,0FFH      ;reinițializare numărător
                                  ;C0/8253/5
00A1' 32 A000      LD (0A000H),A  ;încarcă octet inferior FF
00A4' 32 A000      LD (0A000H),A  ;încarcă octet superior FF

            stabilire număr rotații efectuate
00A7' 2D     E3:   DEC L          ;inițial n=03 pentru pornire
00A8' 20 98        JR NZ,E1       ;nu s-au efectuat cele 3 rot
                                  ;necesare - salt în
                                  ;PROGRAMUL DE PORNIRE
                                  ;motor
00AA' 2E 01        LD L,01H       ;s-au efectuat cele 3 rotații
                                  ;necesare
```


Scanned with OKEN Scanner

```
                    motorul a pornit?
00AC' 3E FF         LD A,0FFH       ;pregătire scădere
00AE' 94            SUB H           ;scădere FF-(H)
00AF' D6 26         SUB 26H         ;26H -valoarea coresp. pentru
                                    ;T la pornire
00B1' 38 05         JR C,E4         ;Tmăsurat<26H, motorul a
                                    ;pornit, salt în PROGRAMUL
                                    ;DE MERS
00B3' 18 8D         JR E1           ;Tmăsurat>26H, motorul nu a
                                    ;pornit -salt în PROGRAM DE
                                    ;PORNIRE motor
00B5' FF            DB 0FFH
00B6' FF            DB 0FFH
00B7' FF            DB 0FFH
```

PROGRAM DE MERS MOTOR

```
00B8' D9      E4:   EXX
00B9' 16 0F         LD D,15         ;timp de injecţie la turaţia
                                    ;600 rot/min
00BB' D9            EXX
00BC' 3E 96         LD A,96H        ;reprogramează numărător
                                    ;C2/8253/5 MOD 3, 1 octet
                                    ;astabil
00BE' 32 A003       LD (0A003H),A   ;registru control 8253/5
00C1' 3E 7D         LD A,7DH        ;factor divizare AVANS pentru
                                    ;turaţia 600 rot/min
00C3' 32 A002       LD (0A002H),A   ;încarcă C2/8253/5 astabil
                                    ;clock avans
00C6' 3E 52         LD A,52H        ;programează C1/8253/5 MOD1
                                    ;monostabil 1 octet
00C8' 32 A003       LD (0A003H),A   ;registru control 8253/5
00CB' 3E FF         LD A,0FFH       ;valoare  pentru turaţia de
                                    ;600 rot/min ce suprimă
                                    ;impuls avans fixat
00CD' 32 A001       LD (0A001H),A   ;încarcă numărătorul
                                    ;C1/8253/5
                                    ;monostabil avans
00D0' 3E 90         LD A,90H        ;octet inferior factor
                                    ;divizare clock măsurare T
                                    ;rotaţie
00D2' 32 8002       LD (8002H),A    ;încarcă octet inferior
                                    ;C2/8253/4
00D5' 3E 01         LD A,01H        ;octet superior factor
                                    ;divizare clock măsurare T
                                    ;rotaţie
00D7' 32 8002       LD (8002H),A    ;încarcă octet superior
                                    ;C2/8253/4
00DA' 3A 6000 M1:   LD A,(6000H)    ;adresă circuit intrare 8212
00DD' AB            XOR E           ;verifică modificare β_max/2
00DE' CB 77         BIT 6,A         ;testare bit 6 din A
00E0' 28 F8         JR Z,M1         ;aşteaptă modificare -buclă
00E2' 7B            LD A,E          ;E -păstrează imaginea veche
00E3' 2F            CPL             ;se înscrie noua valoare
```


Scanned with OKEN Scanner

```
00E4' E6 40          AND 40H          ;selectează bit β max/2
00E6' 5F             LD E,A           ;păstrează bit β max/2
00E7' D9             EXX
00E8' 7A             LD A,D           ;D -valoare timp injecţie
00E9' 32 8000        LD (8000H),A     ;C0/8253/4 timer INJECŢIE
00EC' D9             EXX
00ED' CB 73          BIT 6,E          ;testează β max/2 pentru a
                                      ;stabili sursa măsurare T
                                      ;rotaţie
00EF' 20 1B          JR NZ,M2         ;dacă β max/2=1, citeşte
                                      ;C0/8253/5
00F1' 3A 8001        LD A,(8001H)     ;dacă β max/2=0, citeşte
                                      ;C1/8253/4
00F4' 67             LD H,A           ;H -păstrează valoare T
00F5' 3A 8001        LD A, (8001H)    ;citeşte octet superior din
                                      ;numărător C1/8253/4
00F8' EE FF          XOR 0FFH         ;compară cu FF
00FA' C2 0005'       JP NZ,P3         ;dacă este diferit de
                                      ;FF,motorul a „scăpat",
                                      ;repornire
00FD' 3E 70          LD A,70H         ;reprogramează numărător
                                      ;C1/8253/4 MOD 0, numărător
                                      ;2 octeţi
00FF' 32 8003        LD (8003H),A     ;registru control 8253/4
0102' 3E FF          LD A,0FFH        ;reiniţializare numărător
                                      ;C1/8253/4
0104' 32 8001        LD (8001H),A     ;încarcă octet inferior FF în
                                      ;C1/8253/4
0107' 32 8001        LD (8001H),A     ;încarcă octet superior FF în
                                      ;C1/8253/4
010A' 18 19          JR M3            ;salt necondiţionat la M3
010C' 3A A000 M2:    LD A,(0A000H)    ;citeşte octet inferior din
                                      ;numărătorul C0/8253/5
010F' 67             LD H,A           ;H -valoare octet inferior T
0110' 3A A000        LD A,(0A000H)    ;citeşte octet superior din
                                      ;numărător C0/8253/5
0113' EE FF          XOR 0FFH         ;compară octet superior cu FF
0115' C2 0005'       JP NZ,P3         ;octet superior diferit de FF
                                      ;-motorul a „scăpat", salt în
                                      ;PROGRAMUL DE PORNIRE motor
```

motorul este în funcţionare normală

```
0118' 3E 30          LD A,30H         ;reprogramează C0/8253/5
                                      ;MOD0 numărător de 2 octeţi
011A' 32 A003        LD (0A003H),A    ;registru control 8253/5
011D' 3E FF          LD A,0FFH        ;reiniţializare numărător
                                      ;C0/8253/5
011F' 32 A000        LD (0A000H),A    ;încarcă octet inferior FF în
                                      ;numărător C0/8253/5
0122' 32 A000        LD (0A000H),A    ;încarcă octet superior FF în
                                      ;numărătorul C0/8253/5
0125' 94       M3:   SUB H            ;calculează FF-(H)
0126' 57             LD D,A           ;D -rezultat măsurare T
```


Scanned with OKEN Scanner

STABILIRE CLASĂ TURAŢIE - CONTROL AVANS

tabelul cu clase se găseşte în memorie la adresele 0300-033F

```
0127' 06 03        LD B,03
0129' 0E 00        LD C,00H        ;0300H adresă început tabel
012B' CB E9        SET 5,C         ;stabileşte mijloc tabel
012D' 0A           LD A,(BC)       ;A -valoare clasă turaţie
012E' 92           SUB D           ;D -valoare măsurată T
012F' 30 02        JR NC,C7        ;D<valoare tabel, b5=1
0131' CB A9        RES 5,C         ;D>valoare tabel, b5=0
0133' CB E1  C7:   SET 4,C         ;stabilire b4
0135' 0A           LD A,(BC)       ;A -valoare clasă turaţie
0136' 92           SUB D           ;D -valoare măsurată T
0137' 30 02        JR NC,C8        ;D<valoare tabel, b4=1
0139' CB A1        RES 4,C         ;D>valoare tabel, b4=0
013B' CB D9  C8:   SET 3,C         ;stabilire b3
013D' 0A           LD A,(BC)       ;A -valoare clasă turaţie
013E' 92           SUB D           ;D -valoare măsurată T
013F' 30 02        JR NC,C9        ;D<valoare tabel, b3=1
0141' CB 99        RES 3,C         ;D>valoare tabel, b3=0
0143' CB D1  C9:   SET 2,C         ;stabilire b2
0145' 0A           LD A,(BC)       ;A -valoare clasă turaţie
0146' 92           SUB D           ;D -valoare măsurată T
0147' 30 02        JR NC,C10       ;D<valoare tabel, b2=1
0149' CB 91        RES 2,C         ;D>valoare tabel, b2=0
014B' CB C9 C10:   SET 1,C         ;stabilire b1
014D' 0A           LD A,(BC)       ;A -valoare clasă turaţie
014E' 92           SUB D           ;D -valoare măsurată T
014F' 30 02        JR NC,C11       ;D<valoare tabel, b1=1
0151' CB 89        RES 1,C         ;D>valoare tabel, b1=0
0153' CB C1 C11:   SET 0,C         ;stabilire b0
0155' 0A           LD A,(BC)       ;A -valoare clasă turaţie
0156' 92           SUB D           ;D -valoare măsurată T
0157' 30 02        JR NC,C12       ;D<valoare tabel, b0=1
0159' CB 81        RES 0,C         ;D>valoare tabel, b0=0
015B' 41     C12:  LD B,C          ;păstrează în B rezultatul
                                   ;clasificării turaţiei
015C' 3A 6000      LD A,(6000H)    ;citeşte circuit intrare 8212
                                   ;stabilire valoare sarcină
015F' E6 3F        AND 3FH         ;mascare pentru a obţine
                                   ;sarcina -unghi clapetă
0161' 4F           LD C,A          ;C-păstrează valoare sarcină
```

FIXARE FACTOR DE DIVIZARE CONTROL AVANS

tabelul cu factorii de divizare este la adresele 0200 - 023F

```
0162' 26 02        LD H,02H        ;început tabel cu factori de
                                   ;divizare AVANS
0164' 68           LD L,B          ;deplasament tabel
0165' 7E           LD A,(HL)       ;A -factor de divizare AVANS
0166' 32 A002      LD (0A002H),A   ;înscrie factorul de
                                   ;divizare în numărătorul
                                   ;C2/8253/5
0169' CB 68        BIT 5,B         ;testare BSmax de la clasa de
```


Scanned with OKEN Scanner

```
                                    ;turaţie stabilită
016B' 28 0C         JR Z,M4         ;dacă BSmax=0, salt la M4
016D' CB F0         SET 6,B         ;dacă BSmax=1, fixează b6B=1
016F' CB F8         SET 7,B         ;b7B=1 pregătire selecţie
                                    ;avans necesar cu CS6
0171' CB A8         RES 5,B         ;b5B=0 avans pentru clasa de
                                    ;turaţie ;32...63
0173' 0A            LD A,(BC)       ;A -valoare avans
0174' 32 A001       LD (0A001H),A   ;înscrie valoare în timer
                                    ;AVANS C1/8253/5 monostabil
0177' 18 06         JR M5           ;salt necondiţionat la M5
0179' CB F0 M4:     SET 6,B         ;b6B=1 permite CS2, avans
                                    ;pentru clase turaţie 0..31
017B' 0A            LD A,(BC)       ;A -valoare avans
017C' 32 A001       LD (0A001H),A   ;înscrie valoare în timer
                                    ;AVANS C1/8253/5 monostabil
```

STABILIRE CLASĂ DE TURAŢIE - CONTROL INJECŢIE

tabelul cu clase se găseşte în memorie la adresele 0340 - 035F

```
017F' 01 0340 M5: LD BC, 0340H    ;început tabel clase de
                                  ;turaţie pentru control
                                  ;INJECŢIE
0182' CB E          SET 4,C       ;stabileşte mijloc tabel
0184' 0A            LD A,(BC)     ;A -valoare clasă turaţie
0185' 92            SUB D         ;D -valoare măsurată T
0186' 30 02         JR NC,T7      ;D<valoare tabel, b4=1
0188' CB A1         RES 4,        ;D>valoare tabel, b4=0
018A' CB D9    T7:  SET 3,C       ;stabilire b3
018C' 0A            LD A,(BC)     ;A -valoare clasă turaţie
018D' 92            SUB D         ;D -valoare măsurată T
018E' 30 02         JR NC,T8      ;D<valoare tabel, b3=1
0190' CB 99         RES 3,C       ;D>valoare tabel, b3=0
0192' CB D1    T8:  SET 2,C       ;stabilire b2
0194' 0A            LD A,(BC)     ;A -valoare clasă turaţie
0195' 92            SUB D         ;D -valoare măsurată T
0196' 30 02         JR NC,T9      ;D<valoare tabel, b2=1
0198' CB 91         RES 2,C       ;D>valoare tabel, b2=0
019A' CB C9    T9:  SET 1,C       ;stabilire b1
019C' 0A            LD A,(BC)     ;A -valoare clasă turaţie
019D' 92            SUB D         ;D -valoare măsurată T
019E' 30 02         JR NC,T10     ;D<valoare tabel, b1=1
01A0' CB 89         RES 1,C       ;D>valoare tabel, b1=0
01A2' CB C1   T10:  SET 0,C       ;stabilire b0
01A4' 0A            LD A,(BC)     ;A -valoare clasă turaţie
01A5' 92            SUB D         ;D -valoare măsurată T
01A6' 30 02         JR NC,T11     ;D<valoare tabel, b0=1
01A8' CB 81         RES 0,C       ;D>valoare tabel, b0=0
01AA' 41      T11:  LD B,C        ;păstrează în B rezultatul
                                  ;clasificării turaţiei
01AB' CB B0         RES 6,B       ;b6B=0 permite CS1, selecţie
                                  ;EPROM injecţie
01AD' 3A 6000       LD A,(6000H)  ;citeşte circuit intrare 8212
```


Scanned with OKEN Scanner

```
                                    ;stabilire sarcină -unghi
                                    ;clapetă
01B0' E6 3F         AND 3FH         ;mascare pentru a putea
                                    ;obţine valoarea sarcinii
01B2' 4F            LD C,A          ;C-păstrează valoare sarcină
01B3' CB E8         SET 5,B         ;b5B=1 permite CS1, selecţie
                                    ;EPROM injecţie
01B5' 0A            LD A,(BC)       ;A -valoare timp injecţie
01B6' D9            EXX
01B7' 57            LD D,A          ;D -valoare timp injecţie
01B8' D9            EXX
```

STABILIRE NUMĂR INJECŢII/CICLU

tabelul cu clase de turaţie funcţie de sarcină pentru stabilirea numărului de injecţii/ciclu se găseste la adresele 0360 ... 036F

```
01B9' CB A8         RES 5,B         ;restabilire valoare clasă
                                    ;turaţie control injecţie
01BB' 26 03         LD H,03H        ;H -octet superior început
                                    ;tabel număr injecţii/ciclu
01BD' 78            LD A,B          ;A -valoare clasă de turaţie
01BE' B7            OR A            ;A=0?
01BF' 20 07         JR NZ,Q1        ;clasă turaţie diferită de 0
01C1' 79            LD A,C          ;A -valoare sarcină
01C2' D6 03         SUB 03H         ;sarcina măsurată este în
                                    ;primele 3 clase ?
01C4' 30 0F         JR NC,Q3        ;sarcina mai mare de 3 clase
01C6' 18 08         JR Q2           ;sarcină până în 3 clase
01C8' 79      Q1:   LD A,C          ;A -valoare sarcină
01C9' C6 60         ADD A,60H       ;60H-octet inferior început
                                    ;tabel număr injecţii/ciclu
01CB' 6F            LD L,A          ;L -octet inferior adresă
                                    ;necesară din tabel
01CC' 7E            LD A,(HL)       ;A -valoarea clasei de
                                    ;turaţie până la care se
                                    ;comandă 2 injecţii/ciclu
01CD' 90            SUB B           ;B -valoarea curentă a clasei
                                    ;de turaţie
01CE' 30 05         JR NC,Q3        ;2 injecţii/ciclu
01D0' 32 E001 Q2:   LD (0E001H),A   ;instrucţiune falsă forţare
                                    ;CS7 reset CBB număr injecţii
                                    ;A0=1, A1=0 A0-reset,
                                    ;QCBB=0,funcţionare cu 1
;                                   ;injecţie/ciclu
01D3' 18 03         JR Q4           ;salt neconditionat la Q4
01D5' 32 E002 Q3:   LD (0E002H),A   ;instrucţiune falsă forţare
                                    ;CS7 set CBB număr injecţii
                                    ;A0=0,A1=1 A1-set, QCBB=1
                                    ;funcţionare cu 2
                                    ;injecţii/ciclu
01D8' C3 00DA Q4:   JP M1           ;salt la început PROGRAM DE
                                    ;MERS MOTOR
                                    END
```


Scanned with OKEN Scanner

Macros:

Symbols:

C10	014B'	C11	0153'	C12	015B'	C7	0133'
C8	013B'	C9	0143'	E1	0042'	E2	0080'
E3	00A7'	E4	00B8'	M1	00DA'	M2	010C'
M3	0125'	M4	0179'	M5	017F'	N1	0008'
P1	0071'	P2	009A'	P3	0005'	Q1	01C8'
Q2	01D0'	Q3	01D5'	Q4	01D8'	T10	01A2'
T11	01AA'	T7	018A'	T8	0192'	T9	019A'

No fatal error(s)

În figurile A2.1, ..., A2.9 sunt prezentate organigramele detaliate (la nivel de instrucţiune) a programului utilizat. Sunt precizate şi adresele la care se execută respectivele instrucţiuni, pentru a facilita urmărirea concepţiei folosite în controlul sistemului.

Scanned with OKEN Scanner

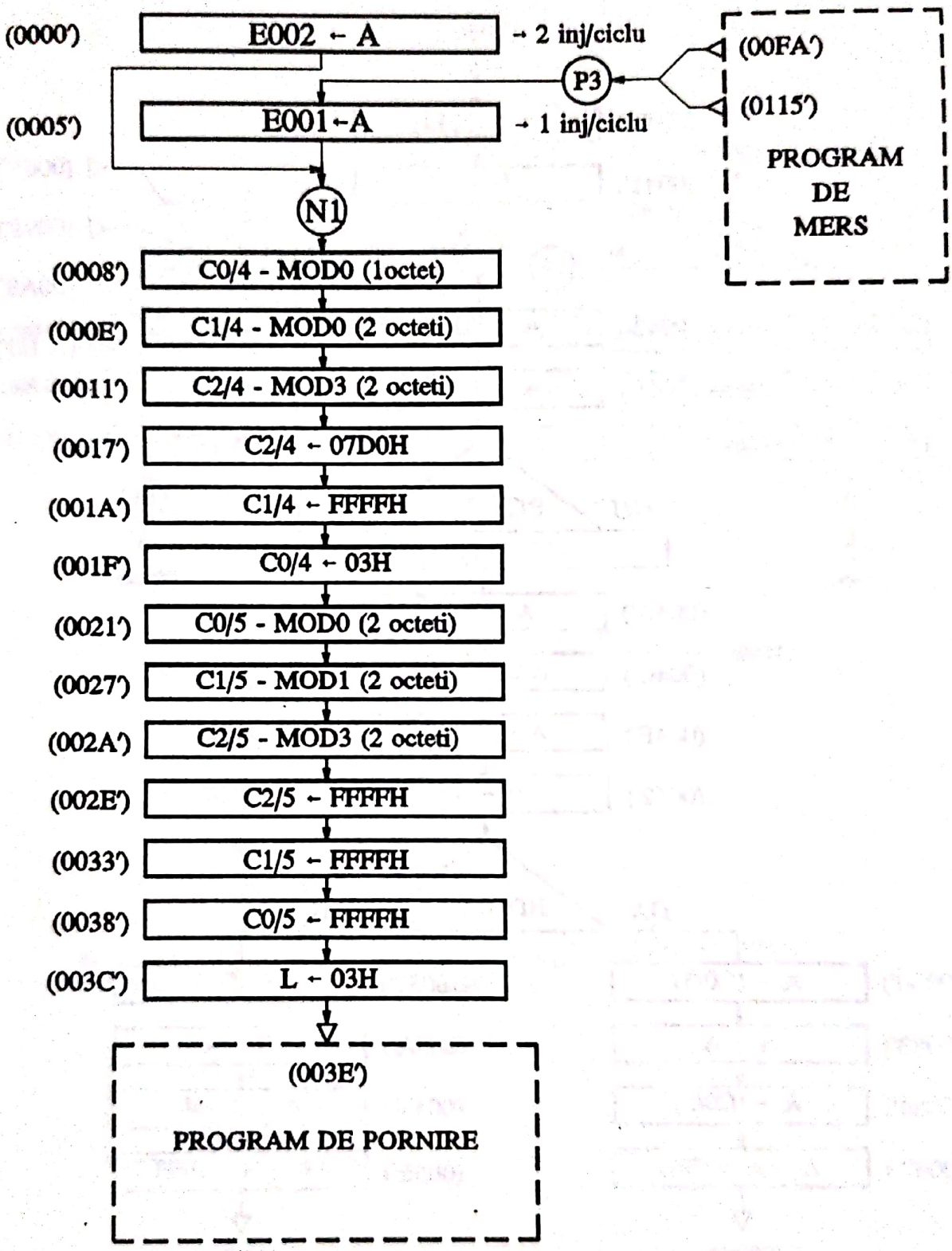


Figura A2.1

Scanned with OKEN Scanner

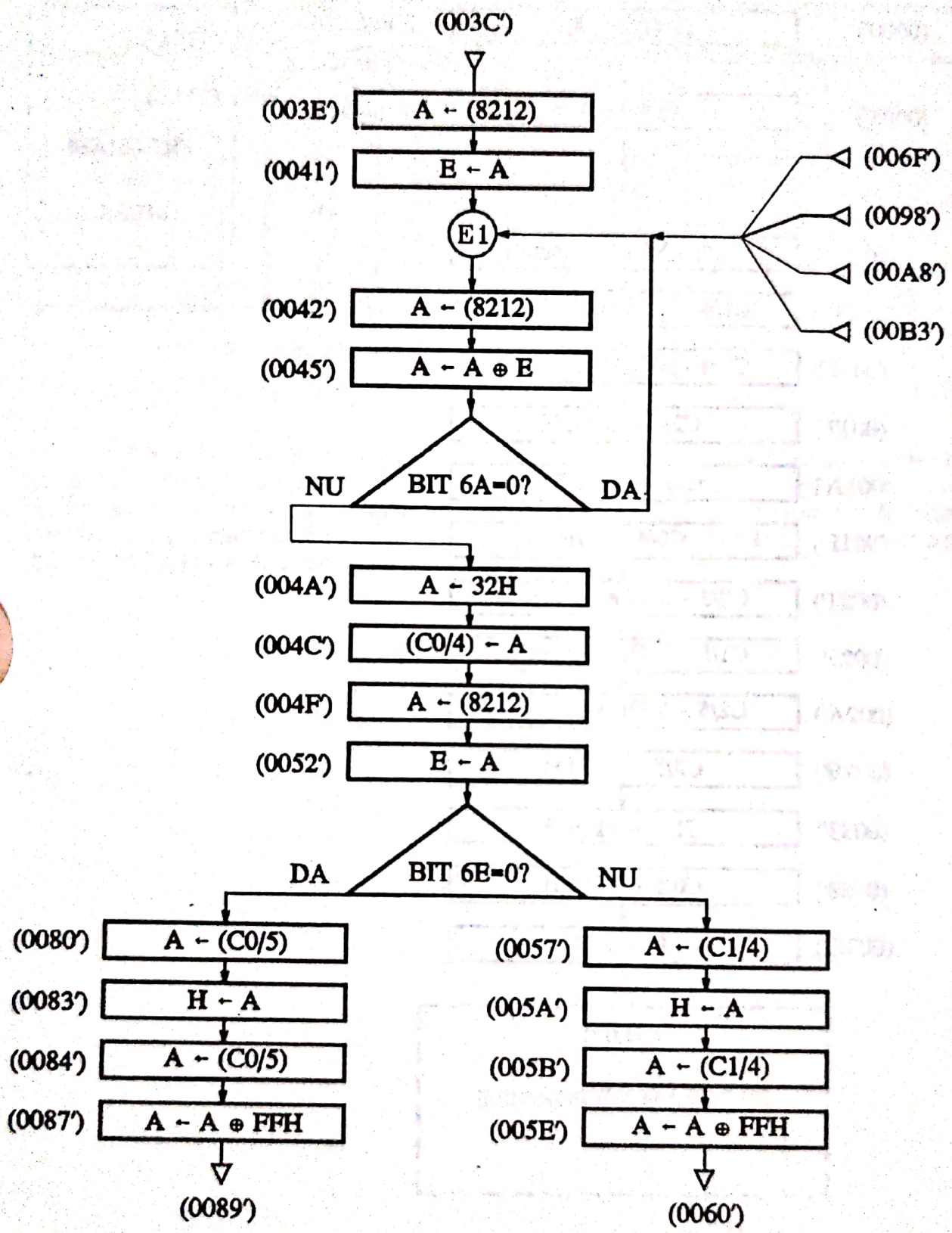


Figura A2.2

Scanned with OKEN Scanner

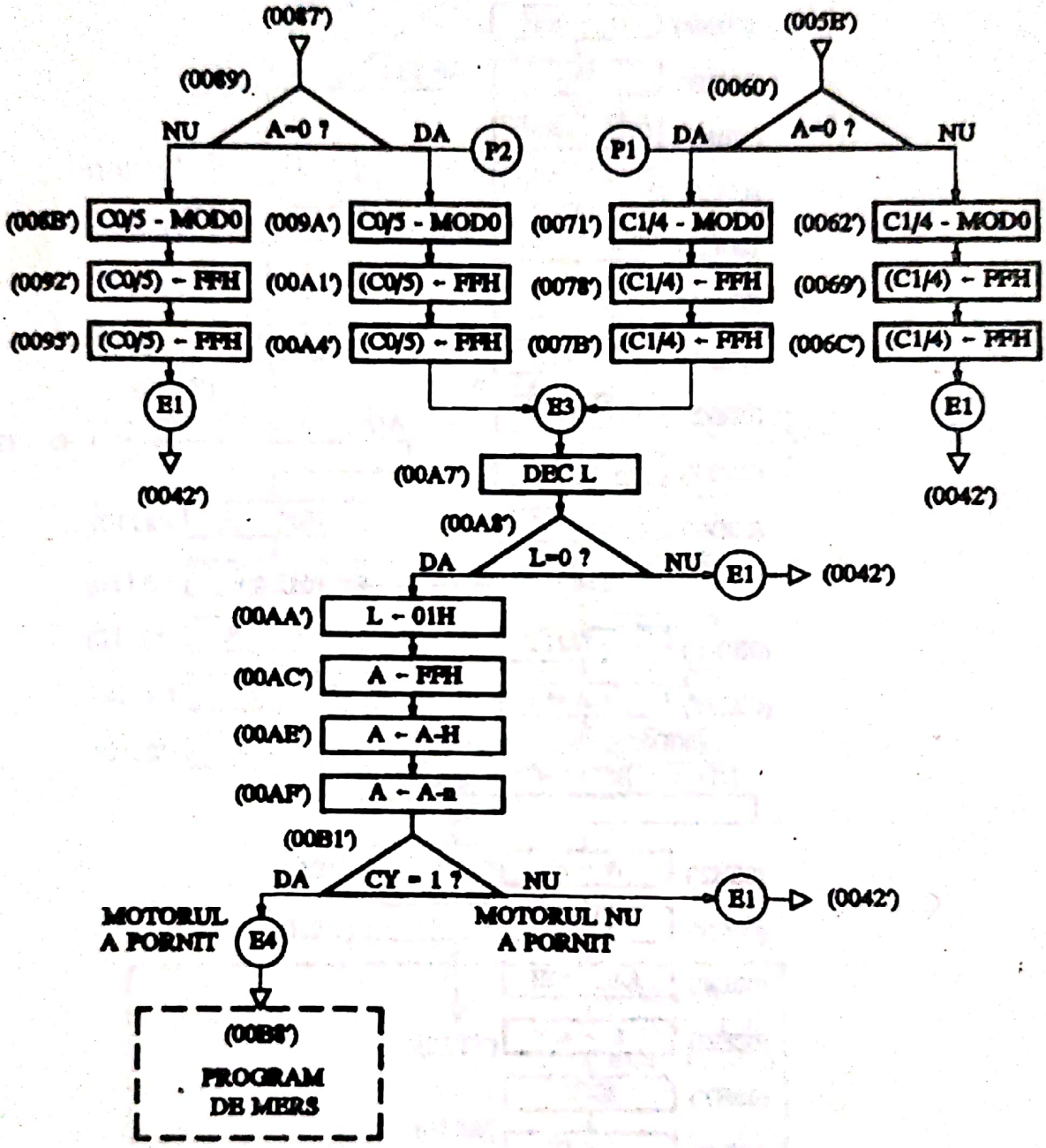


Figura A2.3

Scanned with OKEN Scanner

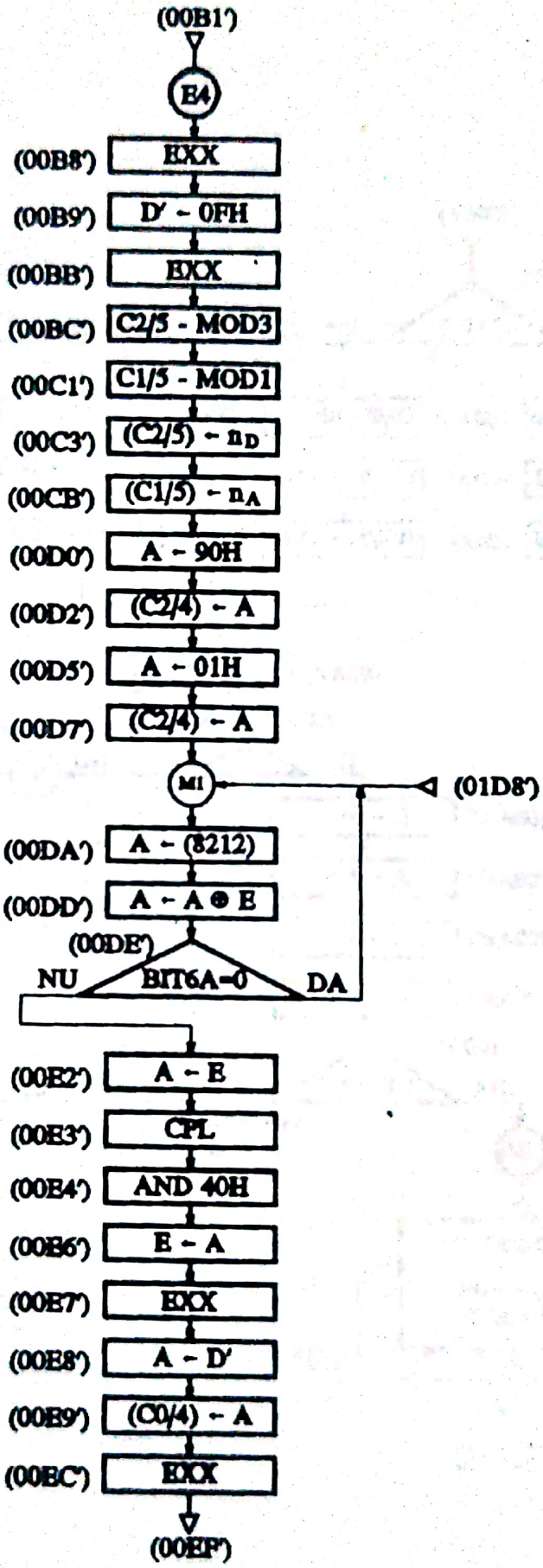


Figura A2.4

Scanned with OKEN Scanner

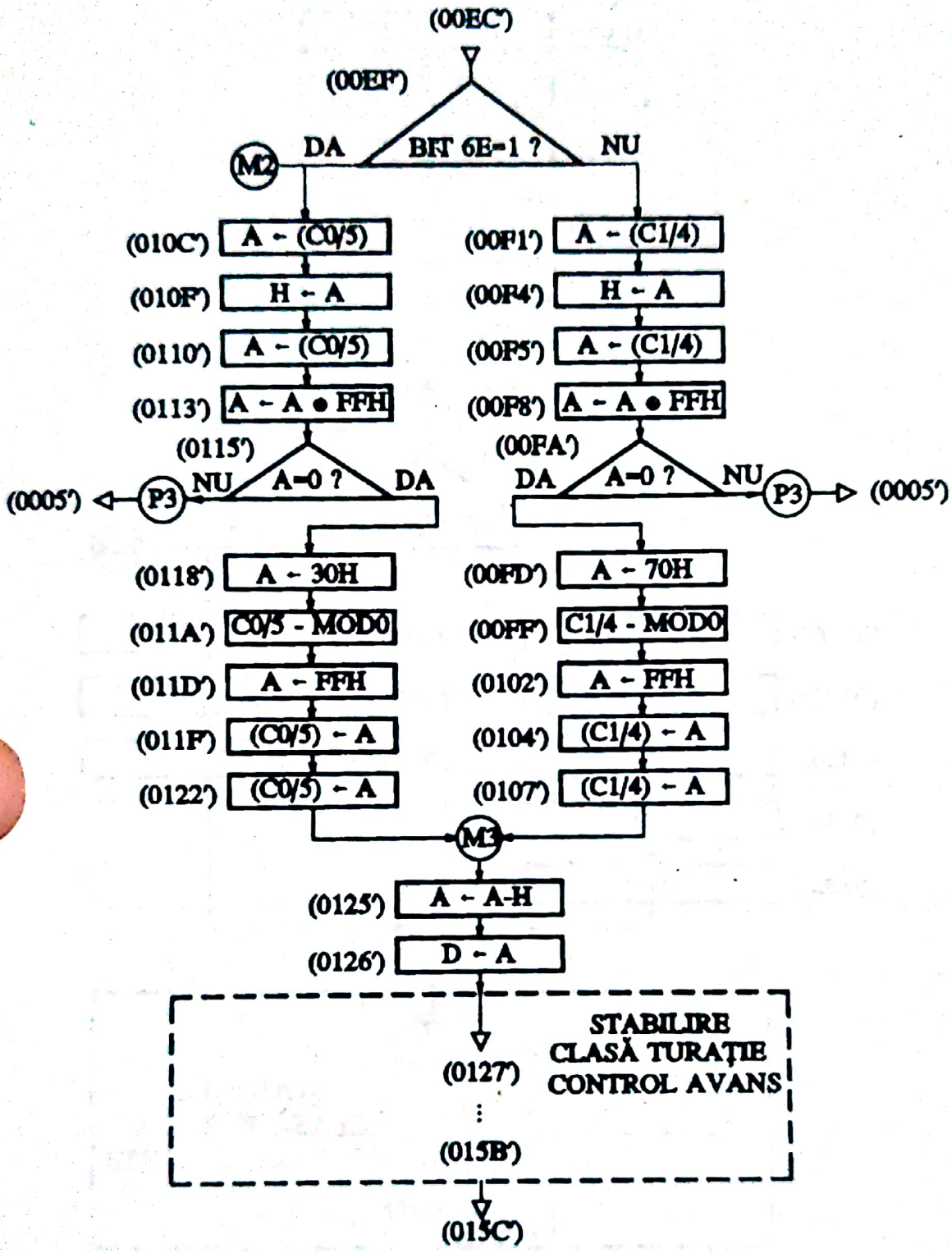


Figura A2.5

Scanned with OKEN Scanner

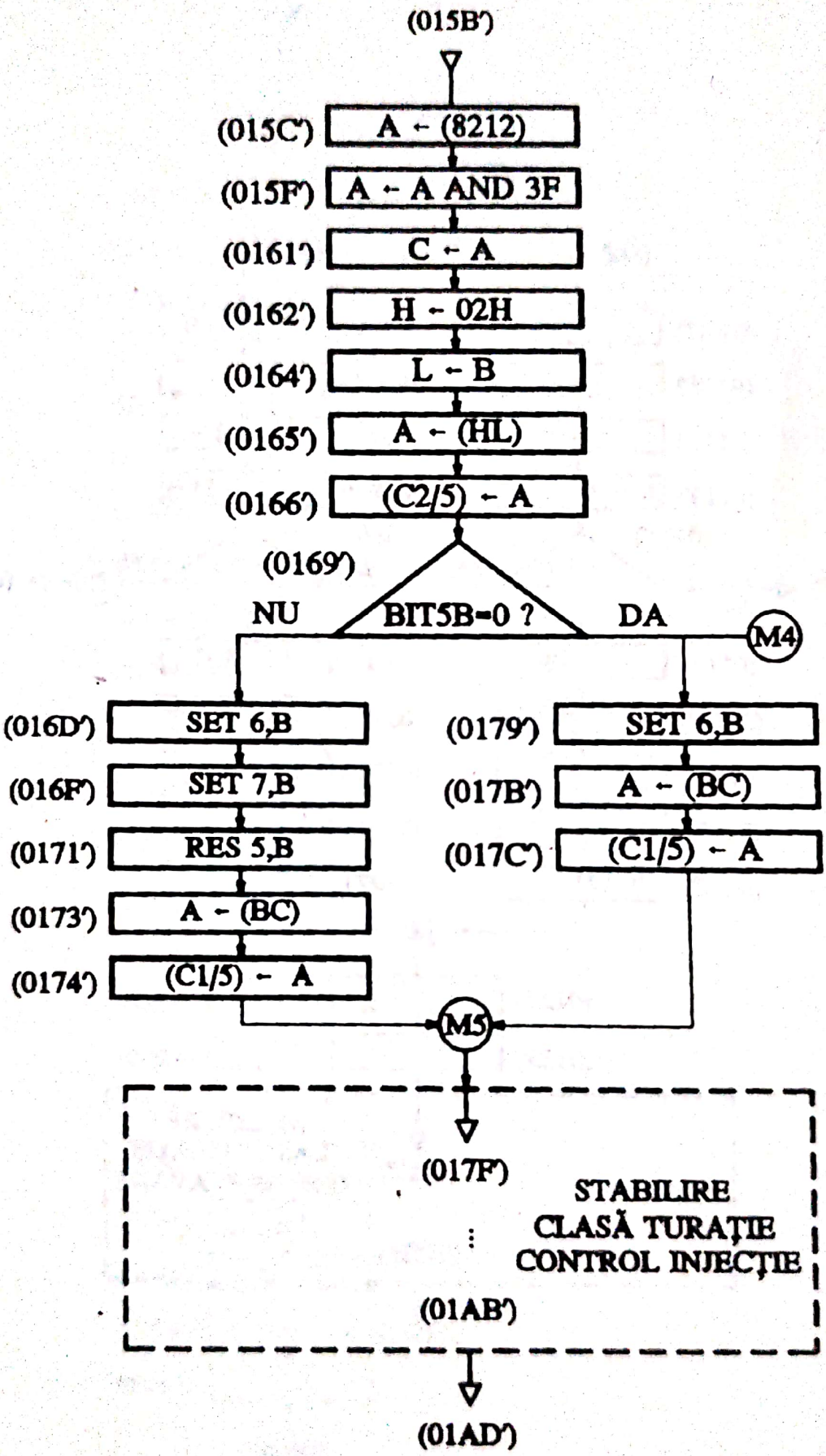


Figura A2.6

Scanned with OKEN Scanner

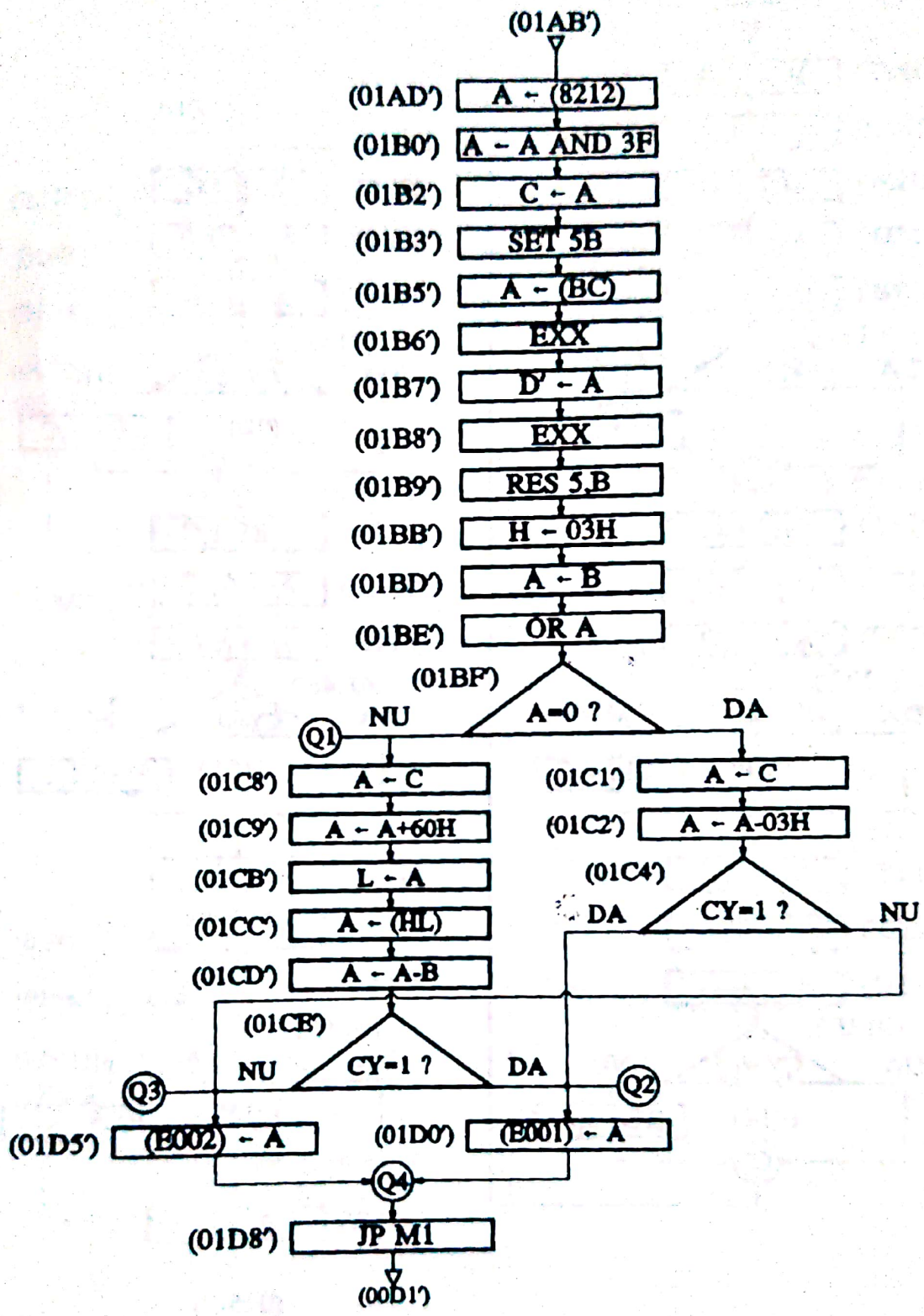


Figura A2.7

Scanned with OKEN Scanner

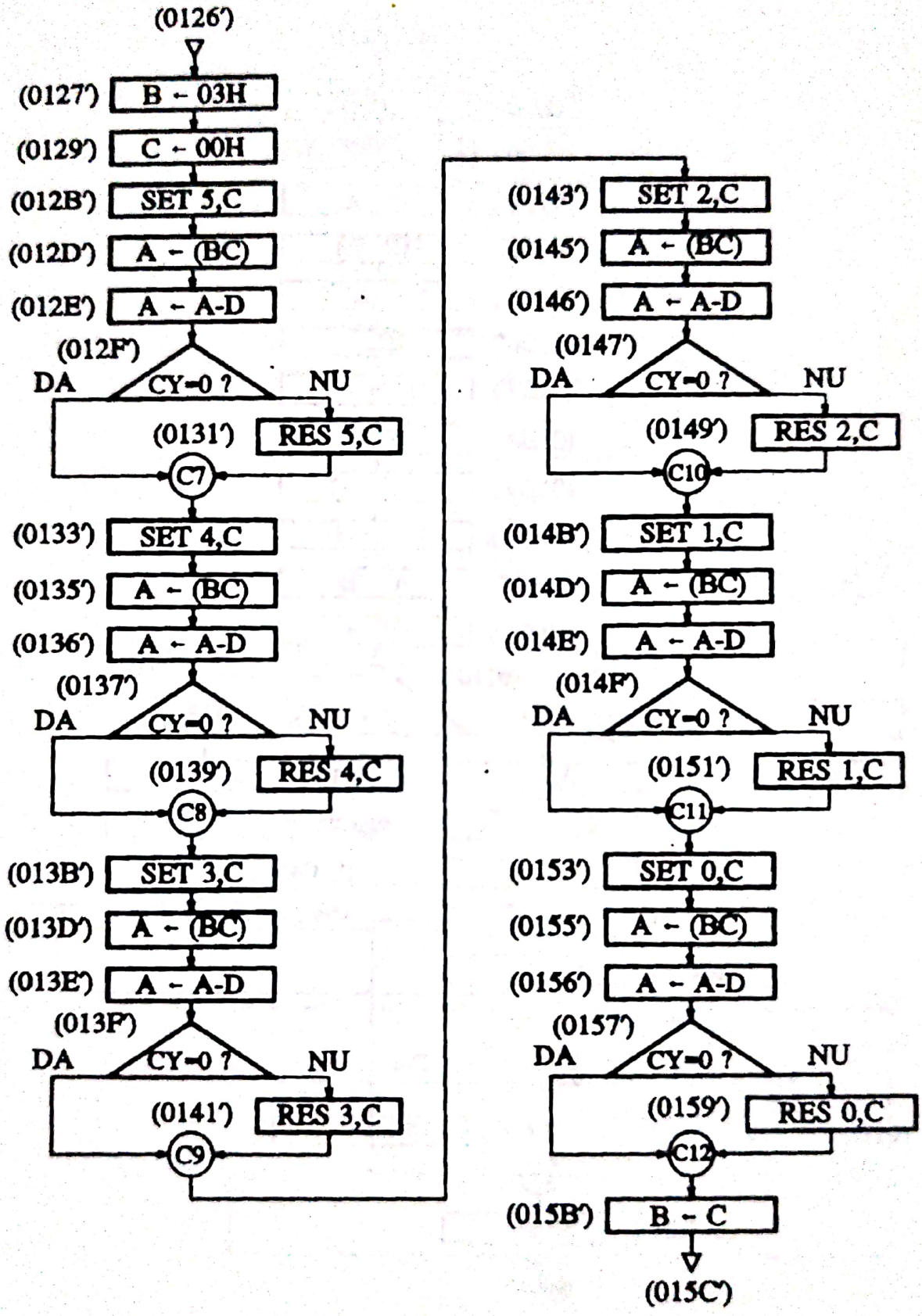


Figura A2.8

Scanned with OKEN Scanner

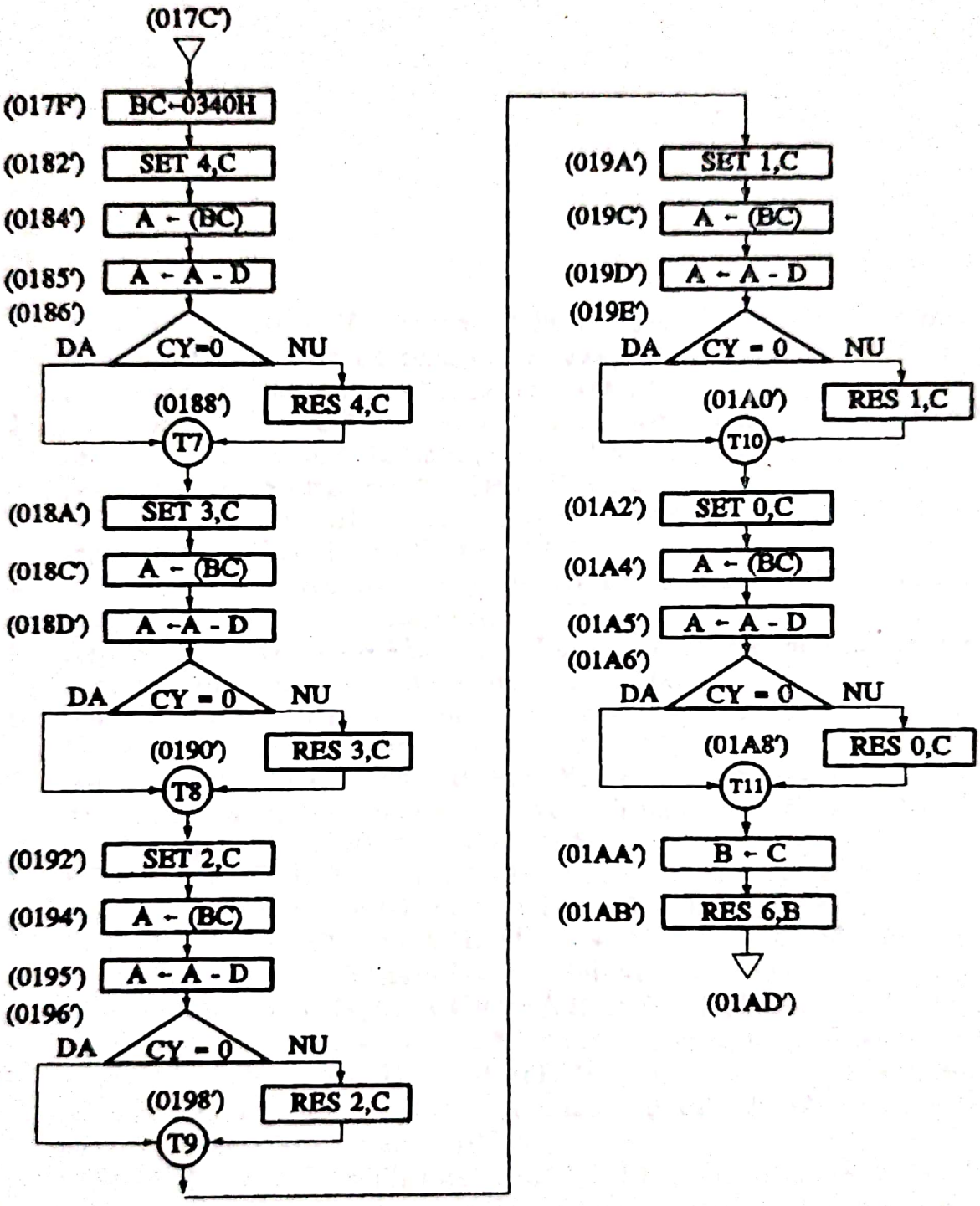


Figura A2.9

Scanned with OKEN Scanner

1. ADLER, U., *BOSCH - Technical Instruction, Electronic Gasoline Fuel Injection System with Lambda Closed-Loop Control MOTRONIC,* Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1985, Delta Press Ltd.
2. ADLER, U., *BOSCH - Technical Instruction, Electronic Gasoline Fuel Injection System with Lambda Closed-Loop Control L-Jetronic,* Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1985, Delta Press Ltd.
3. ADLER, U.; BAUER, H., *Engine Electronics. Bosch Technical Instruction,* Robert Bosch GmbH, 1985.
4. ANGHEL, AL. (coordonator), *Microcalculatorul CUB-Z. Manual de utilizare şi service,* ICE Bucureşti, 1986.
5. ARAMĂ, C.; GRÜNWALD, B., *Motoare cu ardere internă - procese şi caracteristici,* Editura Tehnică, Bucureşti 1966.
6. ARVO, W.B., *The beginning of cold-room technology,* Test & Measurement Word, Febr. 1990, pag. 50 - 51.
7. BARBACCI, M.R.; DOUBLEDAY, D.L.; WEINSTOCK, C.B., *Application-level programming,* Proc. Tenth int. Conf. Distributed Computing Syst.; 1990, pag. 458 - 465.
8. BONCOI, J.; TURCOIU, T.; TIME, AL., *Echipamente de injecţie pentru motoare cu ardere internă,* Editura Tehnică, Bucureşti 1987.
9. CĂPĂŢINĂ, O.; CORNEA HAŞEGAN, M.; PUŞCĂ, M., *Proiectarea cu microprocesoare,* Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1983.
10. CORNEA HAŞEGAN, M.; CORNEA HAŞEGAN, DORINA, *Proiectarea sistemelor cu microprocesoare Z80,* Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1988.
11. DĂSCĂLESCU, S.C.D.; DIMITRIU, L., *Sistem electronic cu microprocesor pentru reglarea debitului de aer de răcire la motoare termice,* Brevet România nr. 107297.
12. DIMITRIU, L.; PANTILIMONESCU, FL.; OPREA, R., *Interfaţare calculator-motor cu aprindere prin scânteie,* Zilele academice ieşene, Iaşi, 7-9 noiembrie 1991.
13. DIMITRIU, L.; PANTILIMONESCU, FL., *Aparat pentru determinarea parametrului lambda la motoarele cu ardere internă cu aprindere prin scânteie,* Sesiunea jubiliară "80 de ani de învăţământ electrotehnic la Iaşi", Iaşi, 22 -24 octombrie 1992, Electrotehnica 80, vol I, pag. 347 -351.

Scanned with OKEN Scanner

14. DIMITRIU, L.; PANTILIMONESCU, FL.; OPREA, R., *Experimental System for Internal Combustion Engines Control*, Development and Application Systems, Suceava 1992, vol. I, pag. 53 - 58.
15. DIMITRIU, L.; RĂDUCANU, I.; TODEREAN, Á.R.P., *An Electronic Engine Management System*, Proceedings of the International Symposium on Signals, Circuits and Systems, SCS'93, Iaşi, Romania, November 4-5, 1993, pag. 280 - 285.
16. DIMITRIU, L., *Ignition Control Circuit in a Computer Controlled Spark Ignition Engine Test Bed*, Proceedings of the International Symposium on Signals, Circuits and Systems, SCS'93, Iaşi, Romania, November 4-5, 1993, pag. 290 - 294.
17. DIMITRIU, L., *Injection Control Circuit in a Computer Controlled Spark Ignition Engine Test Bed*, Proceedings of the International Symposium on Signals, Circuits and Systems, SCS'93, Iaşi, Romania, November 4-5, 1993, pag. 285 - 290.
18. DIMITRIU, L.; PLĂCINTĂ, L.M.; GRIGORAŞ, C.I., *Stand pentru verificări electroinjectoare*, Brevet Romania Nr. 104900.
19. DIMITRIU, L.; ŞUFARU, L.E.C.; POTORAC, D.A.; DOLEA, T.D., *Sistem electronic de control al injecţiei de benzină pentru standuri de încercări motoare*, Brevet Romania Nr. 104899.
20. DIMITRIU, L.; ŞUFARU, L.E.C.; DOLEA, T.D.; POTORAC, D.A., *Sistem electronic de reglare a avansului la aprindere pentru standuri de experimentări motoare cu aprindere prin scânteie*, Brevet Romania Nr. 104898.
21. DIMITRIU, L.; ŞUFARU, L.E.C.; POTORAC, D.D.; DOLEA, T.D., *Sistem de control al sarcinii la motoare cu aprindere prin scânteie*, Brevet Romania Nr. 104998.
22. DIMITRIU, L.; OPREA, R.; UNGUREANU, FLORINA; DOLEA, T.D.; POTORAC, D.A.; ŞUFARU, L.E.C., *Traductor complex de faze de lucru, punct mort interior, turaţie şi domeniu de variaţie al unghiului de avans la aprindere pentru motoare cu aprindere prin scânteie*, Brevet România nr. 98960.
23. DIMITRIU, L.; OPREA, R.; UNGUREANU, FLORINA; DOLEA, T.D.; POTORAC, D.A.; ŞUFARU, L.E.C., *Traductor de sarcină pentru motoare cu ardere internă cu aprindere prin scânteie*, Brevet Romania Nr. 98669.
24. DIMITRIU, L.; JAUCA, P., *Aprindere electronică de mare putere*, Brevet România nr. 104986.
25. DIMITRIU, L., *Sistem electronic cu microprocesor pentru controlul injecţiei de benzină şi al aprinderii*, Raport de cercetare I.P. Iaşi, Contract nr. 960/87.
26. DIMITRIU, L., *Studiu, proiectare şi execuţie bloc de comandă pentru echipament de injecţie de benzină multipunct şi aprindere, cu comandă electronică, pentru motoare de automobil*, Raport de cercetare I.P. Iaşi, Contract nr.891/89.
27. DIMITRIU, L.; PANTILIMONESCU, FL., *Sistem de timp real pentru control/comandă stand de încercări motoare cu ardere internă*, Raport de cercetare I.P. Iaşi, Contract nr.6776/92.

Scanned with OKEN Scanner

28. GOULD, D., *Though environments call for though tests*, Test & Measurement Word, Febr. 1990, pag. 49 - 56.
29. HILOTI, C.; UNTARU, M.; SOARE, I.; DRUŢĂ, GH., *Metode şi mijloace de încercare a automobilelor*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.
30. HWANG, F., *Built-in testability improuves auto ICs*, Test & Measurement Word, Febr. 1990, pag. 41 - 47.
31. KOVÁCS, S., *TURBO PASCAL 6.0. Ghid de utilizare*, Editura Microinformatica, Cluj-Napoca 1992.
32. LAMARRE, L.; TORREUS, I.; OFFEN, G.; PLATT, J.; FORTUNE, J., Responding to the clean air challenge, EPRI Journal, Vol. 16, No.3, April/May 1991, pag. 21 - 29.
33. LOONEY, C.G., *Rule acquiring expert controllers*, IEEE Trans. Knowledge Data eng.; vol. 3, no. 2, pag. 252 - 256, June 1991.
34. LUPU, CR.; ŢEPELEA, VL.; PURICE, E., *Microprocesoare. Aplicaţii.* Editura Militară, Bucureşti, 1982.
35. LUPU, CR.; STĂNCESCU, ŞT., *Microprocesoare. Circuite-proiectare*, Editura Militară, Bucureşti, 1986.
36. MALONEY, L.D., *Why four valves rule the auto world*, Global Design News, March/April 1993, pag. 85 - 87.
37. METZERMAEKERS, D.; VELDHUIZEN, E. VAN, *Engine Management with the PCB83C552 Single-Chip 8-bit microcontroller*, Electronic Components and Applications, vol.9 , No.1, pag. 2 - 13, PHILIPS, nov. 1989.
38. MOORE, T.; SWAROOP, R., *The push for advanced batteries*, EPRI Journal, Vol. 16, No.3, April/May 1991, pag. 16 - 20.
39. MORARU, FL.; ATODIROAEI, M., *Programarea microcalculatoarelor în sistemul de operare CP/M*, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti,1989.
40. O'CONNEL, L., *Electric vehicles on road to a comeback*, EPRI Journal, Vol. 16, No.3, April/May 1991, pag.3.
41. OPREA, R.; RAKOSI, E. ş.a., *Utilizarea injecţiei mecanice de benzină*, Raport de cerectare I.N.M.T.; Contract nr. 837/86.
42. PANTILIMONESCU, FL.; DIMITRIU, L.; OPREA, R., *Tehnici de control al proceselor distribuite în sistemele de timp real*, Zilele academice ieşene, Iaşi, 7-9 noiembrie 1991.
43. PANTILIMONESCU, FL.; COLIBABA, T.; GHIGA, T.; PANDELESCU, V.,*Interfaţă pentru transmisii de date prin radio în înaltă frecvenţă*, Raport de cercetare, I.P.Iaşi, 1992.
44. PATRUBÁNY, M., *Totul despre... Microprocesorul Z80*, Editura Tehnică, Bucureşti,1989.
45. PETRESCU, A. ş.a., *Totul despre calculatorul personal aMIC*, Editura Tehnică, Bucureşti 1985.
46. RICARDO, H.R., *The High-Speed Internal-Combustion Engine*, Blackie & Son Ltd., London and Glasgow 1931.
47. RIEZENMAN, M.J., *Electric vehicles*, IEEE Spectrum, Nov. 1992, pag. 18 - 21.
48. RIEZENMAN, M.J., *Pursuing efficency*, IEEE Spectrum, Nov. 1992, pag. 22 - 24.

Scanned with OKEN Scanner

49. RIEZENMAN, M.J., *The great battery barrier*, IEEE Spectrum, Nov. 1992, pag. 25 - 28.
50. ROMANCHICK, D., *Comprehensive testing keeps cars rollings*, Test & Measurement Word, Febr. 1990, pag. 33 - 38.
51. SIMON, H.A., *Artificial intelligence: Where has it been and where is it going?*, IEEE Trans. Knowledge Data Eng.; vol. 3, no. 2, pag. 128-136, June 1991.
52. SOUCECK, B., *Neural and Concurrent Real-Time Systems. The Sixth Generation*, New York, John Wiley & Sons, 1991.
53. STRATULAT, M.; COPAE, I., *Alimentarea motoarelor cu aprindere prin scânteie. Scheme comentate de carburatoare, injecţia de benzină şi elemente auxiliare*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1992.
54. TRAVIS, B., *ISO tests characterize vehicle's supply-line transients*, Test & Measurement Word, Febr. 1990, pag. 20 - 21.
55. ZUGRĂVEL, M.; GAIGINSCHI, R.; DIMITRIU, L. ş.a., *Cercetări privind dezvoltarea echipamentelor de injecţie la m.a.s.;* Sesiunea jubiliară de comunicări ştiinţifice, Iaşi 10-12 noiembrie 1988, sectia XXV - Maşini termice, pag. 112 - 118.
56. * * * *Jaguar, The Drive for Excellence*, Test & Measurement Word, Nov. 1988, pag. 74.
57. * * * *Ferrari eliminates cluch pedal from sport cars*, Global Design News, March/April 1993, pag.24.
58. * * * *BOSCH - Technische Kurzinformation - Benzin-Einspritzsystem Mono-Jetronic*, Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1988.
59. * * * *BOSCH - Technische Kurzinformation, Benzin-Einspritzsystem KE-Jetronic*, Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1983.
60. * * * *Hewlett - Packard - Research for tomorrow's autos. Electronically controlled combustion*, Application Note 289, No. 5/79.
61. * * * *Data Book - Z80 Microprocessor Family*, 4th Edition SGS.
62. * * * *Data Book* - Philips microcontrollers.
63. * * * *Linear Databook* - National Semiconductor.
64. * * * *Data Book*, Microelectronica, 1985.
65. * * * *Data Book* - I.C.C.E., 1980.
66. * * * *Circuite integrate TTL* - I.P.R.S. 1980.
67. * * * MICROELECTRONICA - *Microcalculator modular cu destinaţie specială şi industrială. Manual de utilizare*, MICROELECTRONICA, Bucureşti.

Scanned with OKEN Scanner

Editura EM Militară

Lucrarea prezintă preocupările autorilor – specialişti recunoscuţi în domeniu –, bazate pe tehnologiile de vârf oferite de microelectronică, destinate dezvoltării echipamentelor electronice de control al formării amestecului prin injecţie de benzină la motoarele cu aprindere prin scânteie, precum şi a echipamentelor de control al aprinderii. Înlăturând un anume ermetism existent în domeniu, volumul abundă în evidenţierea unor idei originale, aspect dublat de verificarea lor practică. Prin structura sa, constituind o premieră în literatura tehnică românească, lucrarea este de un real folos tuturor celor care doresc să aprofundeze studiul echipamentelor electronice de control al funcţionării motorului de automobil.

ISBN 973-32-0439-0

Lei 7500

Scanned with OKEN Scanner